

Janeiro

2024

# RELATÓRIO 08

## Modelagem do Sistema de Transporte da Cidade de Petrópolis

DIAGNÓSTICO DO SISTEMA VIÁRIO DA  
CIDADE DE PETRÓPOLIS (1ª PARTE)

Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa  
em Engenharia (COPPE/UFRJ)



**COPPE**  
UFRJ

PROJETO: PET-24.896

UFRJ/COPPETEC



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - UFRJ**

**INSTITUTO ALBERTO LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E  
PESQUISA EM ENGENHARIA – COPPE**

**PROGRAMA DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES – PET**

**Coordenação**

Marcelino Aurélio Vieira da Silva – Prof. Dr. do Departamento de Engenharia de Transportes PET/COPPE/UFRJ

**Equipe Técnica**

Bady Nunes de Carvalho

Lucas Ribeiro Sampaio

Marcus Hugo Sant' Anna Cardoso

Tomás Oliveira Cazelli

## Sumário

---

1	APRESENTAÇÃO .....	1
2	INTRODUÇÃO .....	2
3	PESQUISA DE MOBILIDADE.....	4
3.1	GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE VIAGENS.....	8
3.2	DIVISÃO MODAL.....	12
	REFERÊNCIAS .....	36

## **1 APRESENTAÇÃO**

---

O Espaço Tecnológico Professor Amaranto Lopes Pereira - LESFER da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) foi contratado pela Companhia Petropolitana de Trânsito e Transportes – CPTRANS, da Prefeitura Municipal de Petrópolis, para fins de elaboração de um DIAGNÓSTICO DO SISTEMA VIÁRIO DA CIDADE DE PETRÓPOLIS.

Desta forma, conforme restou pactuado no Contrato de Prestação de Serviços nº 249/2022, celebrado entre a CPTRANS e a Universidade Federal do Rio de Janeiro, com a interveniência da Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos – COPPETEC, o presente Relatório tem por objetivo, em atendimento ao Anexo IV (Plano de Trabalho), apresentar a modelagem do sistema de transporte da cidade de Petrópolis.

## 2 INTRODUÇÃO

---

Como afirma Guimarães (2019), mobilidade urbana é um apanágio das cidades, um predicativo que serve de atributo à urbe. Em concepção sumária, segundo o autor, é a facilidade real ou efetiva das condições de deslocamento, realizada por qualquer modo em via pública, que leva em conta as necessidades dos cidadãos. Neste sentido, pesquisas de mobilidade fornecem dados e informações essenciais para orientar a tomada de decisões no planejamento e desenvolvimento de sistemas de transporte urbano. Esses dados ajudam os planejadores a compreenderem padrões de deslocamento, necessidades dos usuários, demanda por serviços e infraestrutura, além de possibilitarem a identificação de problemas e oportunidades de melhoria. Soma-se a isso, o fato de que as pesquisas ajudam a identificar o uso de modos de transporte, como carros, bicicletas, diferentes sistemas de transporte público, caminhadas, e a entender os fatores que influenciam as escolhas de deslocamento das pessoas.

Para além do que já fora posto, pesquisas de mobilidade se revestem de fundamental importância, ainda pelo fato de que, com base nos dados coletados, é possível entender os padrões de deslocamento em diferentes horários, dias da semana e regiões, permitindo o planejamento adequado da oferta de transporte e a adoção de medidas para evitar problemas de capacidade em determinado modo de transporte.

De acordo com Vasconcellos (2012), para chegar a um determinado lugar numa hora específica, as pessoas precisam organizar seus deslocamentos e existem três tipos de fatores que interferem nas decisões dos indivíduos: os fatores pessoais, familiares e externos. Neste sentido, buscou-se, a partir de diferentes pesquisas de campo, levantar o maior número possível de características e atributos relacionados à mobilidade urbana em Petrópolis e de que forma essas especificidades influenciam as escolhas dos usuários da rede de transporte público.

Cabe destacar que de acordo com Gouvêa (2013), no processo de planejamento de transporte, tem-se a etapa de Geração de Viagens, cujo objetivo é fazer uma estimativa do número total de viagens que se inicia ou termina em cada região de estudo. Ainda segundo a autora, viagens produzidas em uma determinada região de estudo são aquelas que ali se iniciam, ou seja, aquelas que tem como origem aquela região. Já as viagens atraídas são as que tem como destino, aquela determinada região. Há, portanto uma relação em que as viagens geradas são o resultado das viagens produzidas, somadas às viagens atraídas. Destaca-se ainda que o número de viagens que são produzidas ou atraídas em cada uma dessas regiões está relacionado com as atividades ali desenvolvidas e com as características socioeconômicas dos viajantes. Nas análises a serem apresentadas na presente seção, como será melhor demonstrado, foram considerados os bairros do município de Petrópolis.

Para fins da modelagem proposta, conforme o procedimento adotado, fez-se necessário empreender uma série de pesquisas e levantamentos junto a diversos órgãos e empresas, além da confecção de um extenso banco de dados de forma a subsidiar os estudos empreendidos.

No eixo temático do transporte público, como relatado em Relatórios anteriores, diferentes atores envolvidos na mobilidade urbana do município de Petrópolis foram entrevistados. Além dos usuários, cujas respostas aos formulários apresentados efetivamente serviram para a elaboração das tradicionais matrizes origem / destino, assunto que será melhor tratado adiante, a pesquisa contou também com a participação dos profissionais que atuam no transporte público, seja por ônibus, seja por táxi.

O mapeamento da rede de transporte público se deu a partir da análise de arquivos vetoriais disponibilizados pela SETRANSPETRO, que por sua vez, refletem os dados capturados por equipamentos GPS instalados nos veículos. Esses itinerários foram utilizados em todo o mapeamento de fluxo, conforme relatado por cada usuário entrevistado, fosse para caracterizar as linhas que possibilitam seu acesso aos terminais, fosse para caracterizar as linhas por estes utilizadas para acesso ao seu destino.

Especificamente em relação ao transporte ativo, além de inúmeras outras questões, os usuários também eram questionados acerca das principais características de sua caminhada até os terminais ou a partir destes, sobre o uso de bicicletas e sobre o potencial uso de bicicletas, caso tivessem à sua disposição, infraestrutura adequada para tanto.

Por fim, quanto aos aspectos relacionados à movimentação de veículos e acerca das propostas que serão apresentadas como solução de engenharia de tráfego, diversas câmeras de monitoramento foram instaladas pela equipe da COPPE/UFRJ ao longo do município de modo que contagens volumétricas classificatórias pudessem ser empreendidas. Além disso, imagens de câmeras também cedidas pela Prefeitura Municipal de Petrópolis, por meio da CPTRANS. A análise de todo este material possibilitou a elaboração e o desenvolvimento de todos os estudos necessários à modelagem ora apresentada.

Na seção seguinte, serão apresentadas algumas considerações acerca da obtenção de informações necessárias ao cumprimento desta atividade, notadamente quanto à pesquisa de mobilidade, que envolveu não apenas os usuários da rede de transportes, mas outros importantes atores envolvidos na mobilidade urbana.

### 3 PESQUISA DE MOBILIDADE

Os usuários são os destinatários do serviço público (Garcia, 2019). No contexto do transporte público, corroborando a legislação atinente ao tema, como afirmam Ferraz e Torres (2001), o objetivo desse grupo, o que também é um direito, é poder usufruir de um serviço de adequada qualidade e baixo custo. Para os autores, o passageiro deve ser visto como um cliente do sistema e das empresas operadoras, tendo, portanto, direito a um serviço que lhes proporcione satisfação e o motive a continuar utilizando o sistema de transporte público.

Em nossos deslocamentos diários levamos em consideração um planejamento estratégico em diferentes aspectos, tais como: o tempo, o custo, o conforto – e, não menos importante, a facilidade de conexão entre diferentes meios (a integração física, tarifária e temporal). Portanto, uma mobilidade de qualidade é fator determinante para o desenvolvimento econômico e para a qualidade de vida, promove a inclusão social e a equidade no uso do espaço urbano e de todos os serviços públicos (FETRANSPOR, 2014).

Em linhas gerais, pode-se dizer que o transporte público por ônibus se insere em um contexto consideravelmente maior, envolvendo questões como uso e ocupação do solo, critérios de acessibilidade, mobilidade e sustentabilidade. Todos esses elementos devidamente integrados, promovem melhorias na qualidade de vida da população.

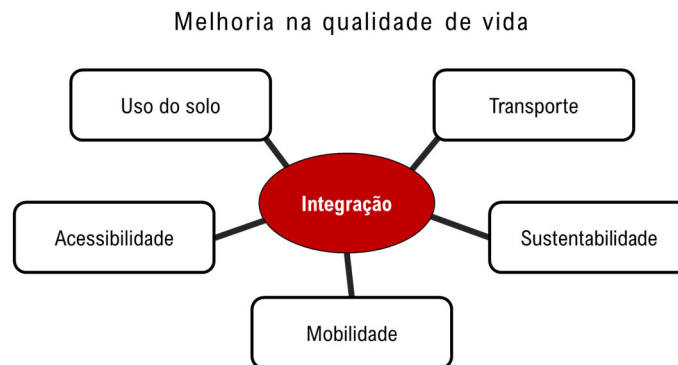


Figura 3.1: Relação do Transporte com outros atributos e sua importância para a melhoria da qualidade de vida de uma população

Importante também destacar que para Ortúzar (2011), normalmente se define “viagem” a todo deslocamento superior a 400 metros com o propósito de cumprir uma atividade. E segundo Dmarchi e Bertocini (2004), tradicionalmente, o número de viagens entre diferentes locais é expresso em matrizes bidimensionais, denominadas matrizes origem-destino (OD), nas quais cada elemento representa o número de viagens entre uma origem e um destino específicos.

Nesse sentido, a fim de que pesquisas de transporte sejam adequadamente efetuadas, conforme aponta Gouvêa (2013), as viagens devem ser caracterizadas com informações do tipo:

- Origem e Destino;
- Tipo e propósito da viagem;
- Horas de início e término;
- Meio de Transporte utilizado;
- Linhas utilizadas;
- Lugares de transbordo.

Além dos conceitos apresentados, destaca-se ainda o que afirmam Duarte *et al.* (2017), a necessidade de movimento dos cidadãos depende de como a cidade está organizada territorialmente e vinculada funcionalmente com as atividades que se desenvolvem no espaço urbano. Importa ainda consignar que, para Hutchinson (1974), as demandas de viagens urbanas são constituídas por uma série de diferentes tipos de viagens, que apresentam características espaciais e temporais específicas. Significa dizer que, em função das diferentes necessidades das pessoas, os trajetos, modos escolhidos, locais de origem e destino, extensão horária, momentos de realização e até mesmo a motivação dos deslocamentos efetuados diferem entre si. Em razão de tanto, o autor antes mencionado acrescenta que, a primeira atividade no estudo de demanda de viagens é identificar os vários tipos de viagens de importância para um estudo particular de planejamento de transportes.

Destaca-se ainda que, segundo Senna (2014), demanda é uma relação multivariada, isto é, é determinada por vários fatores de forma simultânea. Para o autor, alguns dos determinantes mais importantes da demanda do mercado de um produto ou serviço são o seu próprio preço, a renda dos consumidores, preços de outros produtos/serviços correlatos, gosto dos consumidores, distribuição de renda, população total, riqueza dos consumidores, disponibilidade de crédito, políticas governamentais, histórico dos níveis de demanda, histórico dos níveis de renda, entre outros. Vê-se, portanto, que a caracterização da demanda de um determinado sistema, bem como a estimativa de demanda de um novo a ser implementado exige a coleta e a análise detalhada de um amplo conjunto de informações.

Portanto, para que fosse possível realizar o estudo em tela, voltado ao transporte público por ônibus em exame, associado à outras possíveis formas de deslocamento, foram procedidas, como já salientado em outros Relatórios, entrevistas junto à população petropolitana, usuários e potenciais usuários dos ônibus ou não e demais atores da mobilidade urbana do município de Petrópolis.

O objetivo da coleta de informações via preenchimento dos formulários que foi aplicado aos entrevistados, visaram o pleno conhecimento dos deslocamentos efetuados e das características que envolvem, dentre outras questões:



- As formas e modos de acesso aos pontos de parada / terminais;
- As linhas mais utilizadas no acesso e na saída dos pontos de parada / terminais;
- Os principais sistemas de integração (considerando os modos de transporte existentes);
- Os principais motivos das viagens;
- O motivo da opção pelo uso do sistema de transporte;
- Os tempos de deslocamento, considerando todas as etapas das viagens;
- Algumas das preferências dos usuários;
- A frequência de utilização do sistema;
- Alguns dos principais dados socioeconômicos dos usuários.

Note-se, portanto, que a coleta de informações via questionários que foram respondidos tinha como objetivo, uma compreensão que vai além do simples movimento ou fluxo de pessoas pelo município de Petrópolis e a partir de seus resultados, importantes etapas do projeto poderão ser executadas.

Segundo Gouvêa (2013), existem duas formas de pesquisa, cujo objetivo consiste em identificar a movimentação de uma população, definidas como:

**Preferência Revelada** – que consiste em informações (dados) obtidas a partir de situações reais ou observadas pelo indivíduo;

**Preferência Declarada** – que consiste em obter informações sobre deslocamentos a partir de situações hipotéticas (aquilo que os indivíduos escolheriam fazer nestas situações). Permite, por exemplo, estabelecer curvas estatísticas de demanda referentes ao uso de sistemas ainda não implantados, em fase de planejamento; também possibilitam avaliar a sensibilidade da população diante de algumas medidas estratégicas pretendidas pelo poder público.

Foi justamente isso que se pretendeu levantar a partir das pesquisas anteriormente mencionadas. Mediante diferentes abordagens constantes nos formulários utilizados nas entrevistas, buscou-se compreender, não apenas os padrões de mobilidade dos usuários das linhas de ônibus existentes e demais sistemas de transporte disponíveis, mas, seu comportamento diante de situações hipotéticas, envolvendo a utilização de infraestrutura ainda não existente.

O procedimento adotado para fins de análise de demanda se deu conforme o esquema apresentado na Figura 3.2.

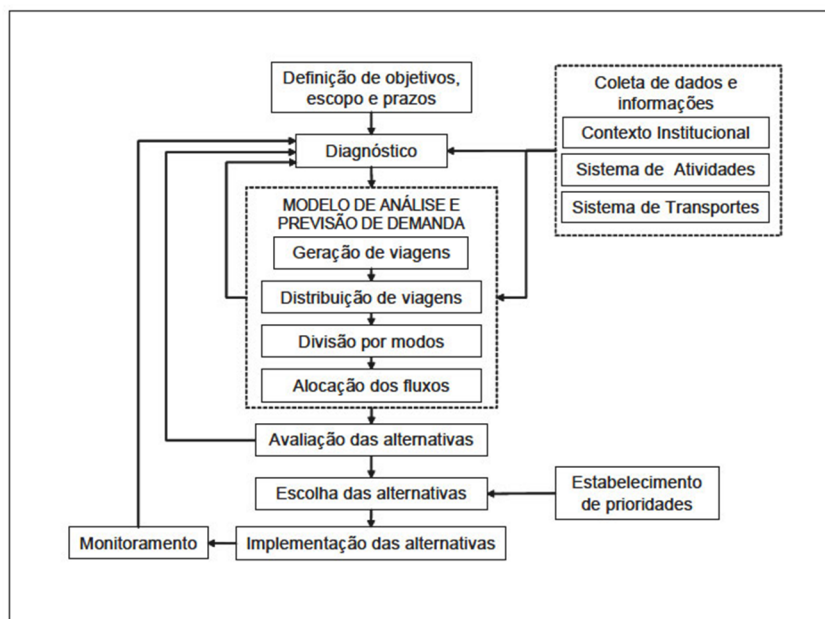


Figura 3.2: Processo de Planejamento de Transportes

De acordo com Senna (2014) e em consonância com o procedimento apresentado anteriormente, no caso de transportes, existe uma estruturação clássica para definir a demanda, que está baseada no denominado “Modelo de Quatro Etapas”. A forma geral do modelo pressupõe as etapas de geração de viagens, distribuição de viagens, divisão modal e alocação de viagens às redes de transportes.

O modelo de quatro etapas é um *framework* utilizado em estudos de transporte e planejamento urbano para compreender o processo de geração, distribuição, modalidade e atribuição de viagens. Este modelo descreve as etapas pelas quais as pessoas passam ao decidirem viajar de um lugar para outro. As quatro etapas são as seguintes:

**Geração de Viagens:** Nesta etapa, determina-se o número total de viagens geradas por uma determinada área ou zona. No caso do estudo em tela, foram utilizados os 121 bairros do município. Isso geralmente está relacionado a fatores como a população, o uso do solo e o tipo de atividade (residencial, comercial, industrial) em uma determinada área.

**Distribuição de Viagens:** Aqui, as viagens geradas são distribuídas espacialmente para diferentes destinos. Isso envolve a identificação dos locais específicos para onde as pessoas desejam viajar com base em fatores como a acessibilidade e a atratividade dos destinos.

**Escolha do Modo de Viagem:** Nesta etapa, os indivíduos decidem o meio de transporte a ser utilizado para realizar suas viagens. Fatores que influenciam essa escolha incluem tempo de viagem, custos, disponibilidade de modos de transporte e preferências individuais.

**Atribuição de Viagens:** A última etapa envolve a alocação específica das viagens às redes de transporte disponíveis. Isso inclui a determinação das rotas exatas que as viagens seguirão, levando em consideração a capacidade e a eficiência das diferentes infraestruturas de transporte.

Este modelo ajuda os planejadores urbanos a entenderem como as pessoas se movem dentro de uma área específica e a tomar decisões informadas sobre o desenvolvimento de infraestrutura de transporte e planejamento urbano para atender às necessidades da comunidade.

As análises adiante empreendidas se deram, portanto, com fundamento em um parte de um Modelo de Quatro Etapas. Isso porque, em razão da natureza do estudo, no sentido de traçar um diagnóstico da realidade atual no município, o foco do presente projeto, se deu em relação às 03 primeiras etapas do procedimento clássico. Trata-se de uma técnica consolidada e consagrada no âmbito do planejamento de transportes. Ortúzar e Willumsen (2011, p. 20-22) apresentam um panorama da abordagem, a qual é apresentada a seguir em síntese.

O modelo de quatro etapas é um procedimento metodológico composto por uma sequência de etapas interligadas, a fim de possibilitar a estimativa abrangente da geração de viagens de uma área de estudo. Cada etapa desempenha um papel específico na previsão e na análise dos deslocamentos. A primeira etapa, a Geração de Viagens, estima o total de viagens originadas nas diferentes áreas geográficas do território em análise. A segunda etapa, a Distribuição de Viagens, identifica os diferentes destinos para onde essas viagens se dirigem. Uma vez feitas essas estimativas, na terceira etapa, a Divisão Modal, os fluxos são divididos em cada um dos modos de transporte disponíveis, isto é, avalia-se quais os percentuais de pessoas que utilizam ônibus, carro, bicicleta etc. Por fim, a quarta etapa, a Alocação de Viagens, distribui os fluxos nas redes de cada um dos modos, de maneira a identificar quais as vias e trechos mais carregados, ou seja, com um fluxo de movimentação mais intenso. No presente caso, por se tratar de um diagnóstico do sistema, as análises e os estudos desenvolvidos abrangeram apenas as três primeiras etapas do procedimento.

### **3.1 GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE VIAGENS**

A acessibilidade depende, como já anunciado anteriormente, de quantos serviços operam naquele ponto, da interconexão entre diferentes linhas e diferentes modos e das tarifas envolvidas nesse processo. No caso de Petrópolis, para além do transporte ativo, ou seja, realizado basicamente por pessoas que se deslocam a pé e por bicicleta, o serviço público de transporte coletivo é prestado por ônibus à população.

Além disso, há um considerável volume de tráfego efetuado por automóveis particulares.

Na etapa referente à geração de viagens, tem-se o objetivo de traçar uma estimativa do total de viagens que terão início ou término em cada uma das zonas de tráfego estabelecidas para o estudo em um dia típico. No presente projeto, foi adotada a divisão por bairros do município de Petrópolis, tendo sido consideradas, portanto, 121 diferentes zonas de tráfego, condizentes com os respectivos bairros.

A distribuição de viagens corresponde à segunda etapa do Modelo Sequencial. Nesta etapa, segundo Campos (2013), estima-se o número de viagens entre pares de zonas de tráfego, resultando na matriz Origem / Destino de viagens e do total de viagens produzidas e atraídas por zona de tráfego. Ainda segundo a autora, de uma forma ferial, a distribuição é feita com base na potencialidade de cada zona de gerar viagens, na atratividade das zonas de destino e na distância, tempo ou custo de transporte entre cada par de zonas de origem e destino.

Considerando inicialmente as viagens realizadas por ônibus, a partir dos resultados da pesquisa origem / destino, tópico este devidamente abordado em Relatório específico, fez-se necessários expandir os dados da matriz confeccionada. Isso porque, evidentemente, as 4.575 entrevistas realizadas, por mais que tenham ocorrido ao longo de mais de quatro meses, das 06h00 às 22h00, não refletiam a totalidade dos deslocamentos efetuados diariamente no transporte público de Petrópolis, mas tão somente uma amostra, ainda que estatisticamente significativa. Desta forma, a partir da análise de dados de bilhetagem eletrônica disponibilizados pela SEMOVE, referente ao intervalo dos dias 2 a 8 de abril de 2023, das linhas municipais de ônibus do município de Petrópolis, foi possível expandir a matriz com os resultados obtidos em campo, tornando-a uma matriz completa, considerando a realidade do município para dias úteis e não úteis.

Conforme verificado na base de dados de bilhetagem obtida neste período, o que reflete o comportamento da demanda em uma semana típica, viu-se que em dias úteis, 120.649 viagens são realizadas e, em dias não úteis, o número chega a 61.879.

Na

**Figura 3.3**, um pequeno esquema representativo do procedimento adotado pode ser visualizado. Basicamente, a figura retrata que, após a realização das 4.575 entrevistas realizadas junto aos usuários do sistema em suas mais diversas linhas, operadas por diferentes concessionárias, tomando-se a razão da quantidade total de viagens em dias úteis e não úteis pela quantidade de entrevistas realizadas em dias úteis e não úteis, foi possível calcular o chamado “fator de expansão” da matriz obtida em campo. Em outras palavras, foi possível calcular o fator que, multiplicado por cada resultado de indivíduo entrevistado, transforma a amostra no todo, ou seja, passa a refletir a realidade integral de viagens realizadas em dias úteis e não úteis.

## Fator de Expansão da Matriz O/D

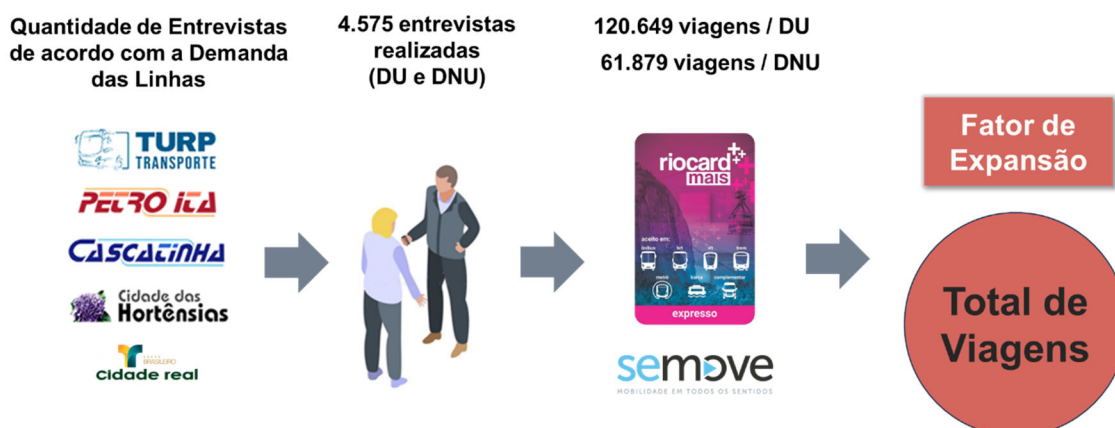


Figura 3.3: Procedimento adotado para a expansão das Matrizes O/D

Já com a matriz de viagens devidamente expandida, foi possível apresentá-la como uma matriz bidimensional onde cada célula representa um par de viagens entre dois diferentes bairros do município de Petrópolis. Contudo, esses arquivos serão disponibilizados à CPTRANS em meio digital, uma vez que não poderiam ser representados no presente Relatório, em razão de sua extensão. Por este motivo, trazemos aqui, nas Tabelas Tabela 3.1 e Tabela 3.2, matrizes divididas não por bairros, mas por distritos, considerando dias úteis e não úteis, respectivamente.

Tabela 3.1: Viagens por Ônibus (Dias Úteis)

Distritos	Cascatinha	Itaipava	Pedro do Rio	Petrópolis	Posse	Total Geral
Cascatinha	11.060	2.339	1.755	12.431	492	<b>28.078</b>
Itaipava	1.541	957	170	2.434	127	<b>5.229</b>
Pedro do Rio	1.029	204	1.195	1.063	93	<b>3.584</b>
Petrópolis	10.788	1.930	1.116	67.277	553	<b>81.665</b>
Posse	458	159	72	802	603	<b>2.094</b>
<b>Total Geral</b>	<b>24.876</b>	<b>5.588</b>	<b>4.309</b>	<b>84.008</b>	<b>1.868</b>	<b>120.649</b>

Tabela 3.2: Viagens por Ônibus (Dias Não Úteis)

Distritos	Cascatinha	Itaipava	Pedro do Rio	Petrópolis	Posse	Total Geral
Cascatinha	6.126	2.323	621	12.324	-	21.394
Itaipava	-	-	621	-	-	621
Pedro do Rio	-	-	361	108	-	468
Petrópolis	9.652	1.548	4.993	18.853	64	35.110
Posse	3.272	756	-	253	-	4.281
<b>Total Geral</b>	<b>19.050</b>	<b>4.626</b>	<b>6.595</b>	<b>31.538</b>	<b>64</b>	<b>61.874</b>

Cumprе salientar que, nas células vazias, como ocorre na Tabela 3.2, não foram verificados deslocamentos em nenhuma das quase 5.000 entrevistas realizadas.

Em relação à elaboração de matrizes origem / destino relativas ao transporte por táxi, o procedimento adotado foi um tanto quanto similar e pode ser visualizado na **Figura 3.4**. Como mencionado em outros Relatórios, a partir da identificação de 40 diferentes pontos de táxi distribuídos pelo município de Petrópolis, a equipe da COPPE/UFRJ efetuou entrevistas junto a 127 taxistas.

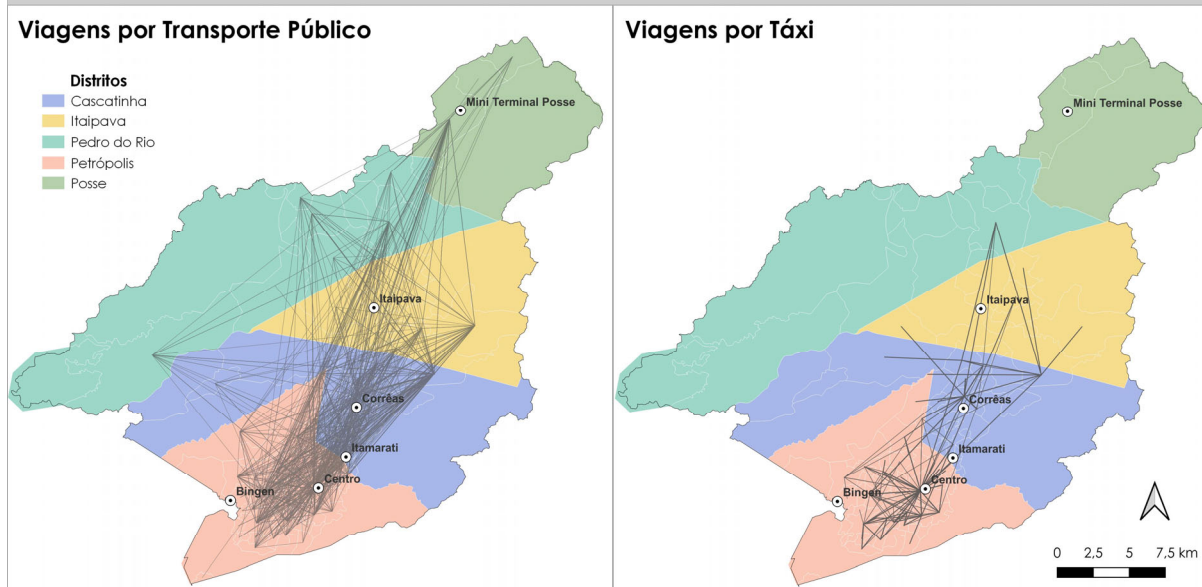


**Figura 3.4:** Procedimento adotado para a expansão das Matrizes O/D

Uma vez que estes 127 taxistas realizam 1.250 viagens por dia e no município há, segundo o Plano de Mobilidade Urbana, 625 motoristas auxiliares nesta função, foi possível calcular que são realizadas, por dia, um total de 6.151 viagens por táxi.

De posse desses valores, foram elaborados mapas de fluxo demonstrando a intensidade dos deslocamentos por ambos os sistemas. Os fluxos podem ser visualizados na Figura 3.5.

## Município de Petrópolis (Análise Origem / Destino)



**Figura 3.5:** Mapas de fluxo por ônibus e táxi e intensidade de deslocamentos no município de Petrópolis

### 3.2 DIVISÃO MODAL

Como já salientado, o modelo de 4 etapas é uma estrutura conceitual frequentemente utilizada em planejamento de transportes e estudos de demanda de transporte. Esse modelo divide o processo de viagem em quatro etapas distintas: geração, distribuição, modal (ou escolha modal) e alocação. Cada etapa aborda uma fase específica do processo de tomada de decisão das pessoas ao planejar suas viagens. A divisão modal é uma parte crucial do modelo de 4 etapas e tem importância significativa.

De maneira geral, analisar a mobilidade urbana por diferentes modos de transporte é essencial para criar cidades mais sustentáveis, eficientes e inclusivas, atendendo às necessidades diversas de uma população em constante evolução.

Quanto à sua relevância, apresentamos alguns pontos de interesse:

#### **Escolha do Modo de Transporte:**

A etapa de divisão modal é onde os indivíduos decidem qual modo de transporte usar para realizar suas viagens. Isso inclui escolhas entre carros particulares, transporte público, caminhadas, bicicletas, entre outros.

### **Impacto nas Políticas de Transporte:**

A compreensão da divisão modal é fundamental para formuladores de políticas de transporte. Ela fornece informações sobre as preferências dos usuários em relação a diferentes modos de transporte, permitindo que as autoridades ajustem políticas e infraestruturas para atender às necessidades da população.

### **Avaliação de Eficiência e Sustentabilidade:**

A divisão modal é crucial para avaliar a eficiência do sistema de transporte e sua sustentabilidade. Compreender como as pessoas escolhem seus modos de transporte ajuda a otimizar o uso dos recursos e a promover modos mais sustentáveis, como o transporte público ou a mobilidade ativa.

### **Previsão de Demanda:**

A análise da divisão modal é essencial na previsão de demanda de transporte. Ela ajuda a antecipar como as mudanças nas condições econômicas, sociais ou de infraestrutura podem afetar as escolhas de transporte, permitindo um planejamento mais eficaz.

### **Análise de Impacto de Projetos de Infraestrutura:**

Ao desenvolver novos projetos de transporte, a divisão modal é considerada para entender como essas melhorias podem influenciar o comportamento dos usuários.

### **Redução do Congestionamento e Emissões:**

Compreender a escolha modal é vital para reduzir congestionamentos e emissões de poluentes. Estratégias que incentivam modos de transporte mais eficientes e sustentáveis podem ser desenvolvidas com base nessa compreensão.

Em resumo, a divisão modal no modelo de 4 etapas é crucial para entender as preferências de transporte, otimizar o sistema de transporte, desenvolver políticas eficazes e promover a sustentabilidade no planejamento urbano e de transportes. Ainda quanto ao tema, de acordo com Campos (2013), a divisão modal corresponde à etapa do modelo sequencial na qual se procura fazer uma estimativa da demanda por modos de transporte a serem utilizados nos deslocamentos previstos na etapa de distribuição de viagens. Ainda segundo a autora, a divisão modal é feita com base nas



variáveis que o usuário utiliza para fazer suas escolhas. Os fatores que influenciam a escolha modal incluem usualmente, características socioeconômicas (renda, propriedade de veículos) e as características dos serviços dos modos de transporte. De uma forma geral são considerados:

- **Atributos do Deslocamento;**  
(motivo da viagem, período de realização e destino)
- **Atributos do Usuário;**  
(propriedade de veículos, renda e estrutura familiar, e nível educacional)
- **Atributos do Sistema de Transporte.**  
(custo e tempo de viagem, tempo de espera, de transbordo ou andando, frequência, conforto e acessibilidade)

Já para Senna (2014) a divisão modal atribui a cada modalidade de transporte a parcela provável de demanda que irá absorver. Nesta etapa devem ser distinguidos os fluxos que, em função de suas características, são cativos de certos modos de transporte, daqueles considerados competitivos, ou seja, que podem escolher entre alternativas modais.

Acerca do procedimento metodológico utilizado para o levantamento preciso das informações, foram empregadas técnicas de contagem volumétrica classificatória em diferentes regiões do município. Cumpre salientar que a contagem volumétrica classificatória é uma técnica utilizada em estudos de tráfego e engenharia de transportes para coletar dados sobre o volume e a composição do tráfego em uma determinada via. Essa técnica envolve a contagem do número de veículos que passam por um ponto específico ao longo de um período de tempo e a classificação desses veículos com base em diferentes categorias, como tipo de veículo, velocidade, e, em alguns casos, carga ou ocupação.

Para tanto, inicialmente foram analisadas as imagens de diferentes câmeras instaladas em posições estratégicas no município de Petrópolis, a fim de que, por meio de contagens volumétricas classificatórias realizadas em horários de pico de deslocamentos, fosse possível identificar, em cada local específico, o modo ou o sistema de transporte utilizado pela população local.

Ao todo, foram feitas contagens e análises em 19 diferentes regiões da cidade, dispostas em 3 distritos, quais sejam, Petrópolis, Itaipava e Cascatinha. A data, hora e coordenadas geográficas<sup>1</sup> dos pontos de filmagem podem ser visualizados na

---

<sup>1</sup> Coordenadas Geográficas são um sistema de referência utilizado para identificar pontos específicos na superfície da Terra. Elas são expressas em termos de latitude e longitude.

Tabela 3.3 a seguir:

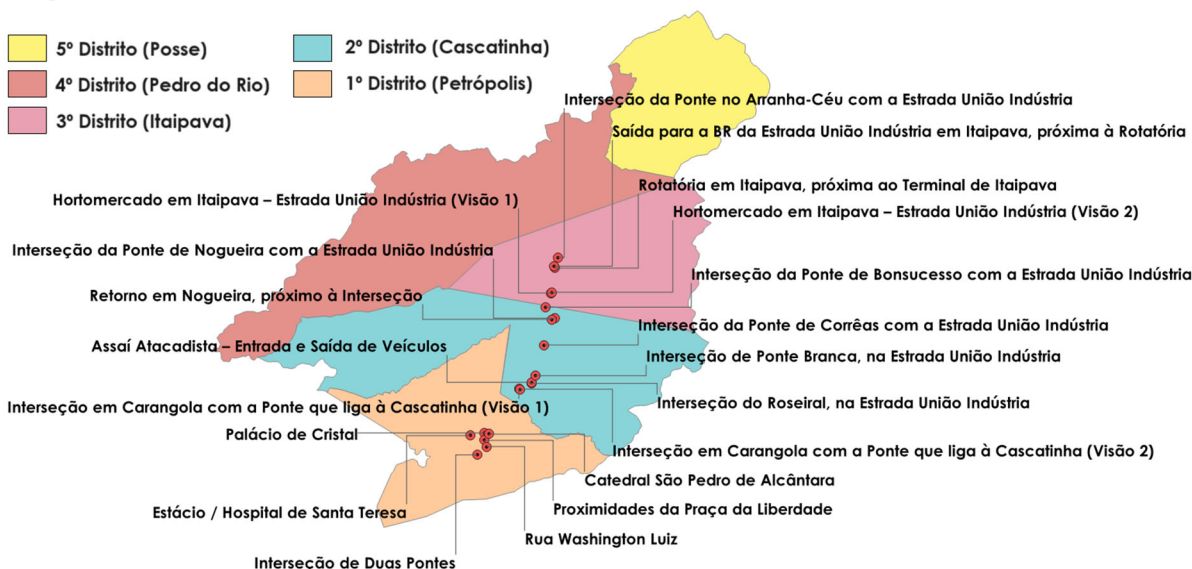
**Tabela 3.3:** Locais e datas das Filmagens e Contagem Volumétrica Classificatória

Nº	Distrito	Local da Filmagem	Coordenadas		Data e Horário de Pico
			Latitude	Longitude	
1	Itaipava	Interseção da Ponte no Arranha-Céu com a Estrada União Indústria	-22,3795	-43,1309	30/05/2023 Terça-Feira 16:00 – 17:00
2		Saída para a BR da Estrada União Indústria em Itaipava, próxima à Rotatória	-22,3857	-43,1333	02/06/2023 Sexta-Feira 17:00 – 18:00
3		Rotatória em Itaipava, próxima ao Terminal de Itaipava	-22,3871	-43,1328	02/06/2023 Sexta-Feira 08:00 – 09:00
4		Horto mercado em Itaipava – Estrada União Indústria (Visão 2)	-22,4043	-43,1355	30/05/2023 Terça-Feira 18:00 – 19:00
5		Horto mercado em Itaipava – Estrada União Indústria (Visão 1)	-22,4049	-43,1356	30/05/2023 Terça-Feira 17:00 – 18:00
6	Cascatinha	Interseção da Ponte de Bonsucesso com a Estrada União Indústria	-22,4150	-43,1396	11/04/2023 Terça-Feira 17:00 – 18:00
7		Interseção da Ponte de Nogueira com a Estrada União Indústria	-22,4229	-43,1332	28/02/2023 Terça-Feira 08:00 – 09:00
8		Retorno em Nogueira, próximo à Interseção	-22,4238	-43,1350	03/03/2023 Sexta-Feira 12:00 – 13:00
9		Interseção da Ponte de Corrêas com a Estrada União Indústria	-22,4421	-43,1405	12/01/2023 Quinta-Feira 09:00 – 10:00
10		Interseção de Ponte Branca, na Estrada União Indústria	-22,4640	-43,1471	09/08/2023 Quarta-Feira 08:00 – 09:00
11		Assaí Atacadista – Entrada e Saída de Veículos	-22,4688	-43,1498	05/08/2023 Sábado 13:00 – 14:00
12		Interseção do Roseiral, na Estrada União Indústria	-22,4695	-43,1496	07/08/2023 Segunda-Feira 17:00 – 18:00
13		Interseção em Carangola com a Ponte que liga à Cascatinha	-22,4735	-43,1588	04/08/2023 Sexta-Feira 17:00 – 18:00
14	Petrópolis	Estácio / Hospital de Santa Teresa	-22,5069	-43,1935	23/08/2023 Quarta-Feira 18:00 – 19:00
15		Palácio de Cristal	-22,5050	-43,1834	23/08/2023 Quarta-Feira 08:00 – 09:00
16		Catedral São Pedro de Alcântara	-22,5059	-43,1800	23/08/2023 Quarta-Feira 18:00 – 19:00
17		Proximidades da Praça da Liberdade	-22,5103	-43,1835	23/08/2023 Quarta-Feira 18:00 – 19:00
18		Rua Washington Luiz	-22,5147	-43,1818	23/08/2023 Quarta-Feira 08:00 – 09:00
19		Interseção de Duas Pontes	-22,5207	-43,1885	24/08/2023 Quinta-Feira 19:00 – 20:00

Os dados coletados por meio da contagem volumétrica classificatória são fundamentais para o planejamento de sistemas de transporte. Eles fornecem informações sobre a demanda de tráfego em diferentes trechos de uma via ou rede, permitindo que os planejadores tomem decisões informadas sobre melhorias na infraestrutura viária, ajustes de sinalização e implementação de medidas de gerenciamento de tráfego.

A escolha dos 19 pontos anteriormente elencados se deu com base em uma necessidade de se realizar as estimativas de divisão modal no principal corredor viário do município. De modo a facilitar a visualização dos pontos de contagem, as localizações das câmeras em que as imagens foram analisadas e as contagens volumétricas classificatórias foram executadas, seu posicionamento é apresentado na Figura 3.6.

### Legenda



**Figura 3.6:** Locais das Filmagens e Contagem Volumétrica Classificatória

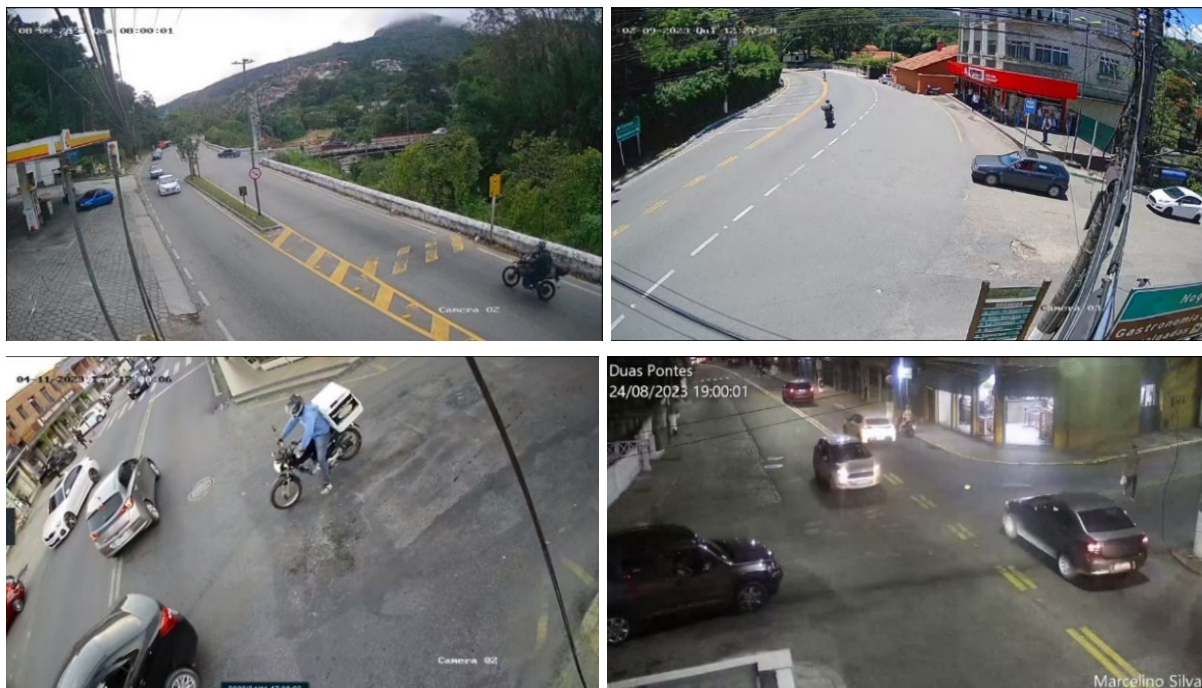
Conforme salientado, a partir das análises das imagens das câmeras e contagem volumétrica classificatória realizada nos horários de pico, foi possível fazer um levantamento dos percentuais de cada categoria de veículo. Quanto às imagens utilizadas nesse procedimento, apresentamos na Figura 3.7 parte do material que foi obtido pela equipe da COPPE/UFRJ mediante instalação de câmeras em diferentes pontos da cidade de Petrópolis, cujo material em mídia era sempre coletado dias após a instalação.

Dessa forma, inúmeras análises puderam ser empreendidas, inclusive a identificação dos horários de pico, ou seja, aqueles onde a intensidade de fluxos de deslocamentos se mostrava maior durante o dia, em cada ponto selecionado.

A análise da mobilidade urbana por diferentes modos de transporte é de extrema importância por várias razões, contribuindo para o desenvolvimento sustentável, a eficiência dos sistemas de transporte e a qualidade de vida nas cidades. Diferentes pessoas têm diferentes necessidades de deslocamento. Algumas podem preferir o carro particular, enquanto outras dependem do transporte público, bicicletas ou caminhadas. Ao analisar a mobilidade por diferentes modos, é possível desenvolver soluções que atendam a uma variedade de perfis de usuários.

Soma-se a isso, o fato de que ao compreender como as pessoas se movem e escolhem os modos de transporte, as autoridades podem implementar estratégias para reduzir congestionamentos, que impactam negativamente a eficiência do sistema, aumentam os tempos de viagem e contribuem para a poluição do ar.

O entendimento da mobilidade por diferentes modos é também essencial para o planejamento urbano integrado. Isso envolve a criação de infraestruturas que facilitem a interconectividade entre modos de transporte, tornando o sistema mais eficiente e acessível. Ademais, uma análise abrangente da mobilidade ajuda a garantir que todos os segmentos da sociedade tenham acesso a opções de transporte adequadas. Isso é fundamental para a inclusão social, permitindo que pessoas de todas as classes sociais e capacidades tenham acesso a oportunidades e serviços essenciais.



**Figura 3.7:** Imagens tomadas pelas Câmeras

Feitas essas considerações, apresentamos na

Apenas para fins de comparação, trazemos a Tabela 3.5, contendo os percentuais por categoria de deslocamento, coletados na pesquisa online (Relatório 04-E1). Como destacado naquele referido produto, as 224 entrevistas realizadas de forma online impossibilitam a utilização dos dados ali contidos com níveis de confiança satisfatórios, posto que representam apenas 0,08% da população do município que, segundo o mais recente censo realizado pelo IBGE, é de 278.881 pessoas.

Observando a Tabela 3.5, de maneira geral, observamos um significativo número de participantes que indicaram realizar seus deslocamentos principalmente de carro. Além disso, à semelhança do que restou evidenciado nas análises das câmeras instaladas, também observamos um baixo percentual de pessoas que se deslocam por bicicleta. Vale ressaltar que, ao analisar os dados da pesquisa online, dispomos de informações detalhadas sobre cada indivíduo, uma vantagem que não se aplica, por exemplo, aos ônibus. Na contagem volumétrica, os ônibus são considerados como um único veículo, podendo representar um grande número de pessoas em trânsito. Apesar dessa diferença de abordagem, constatamos uma coerência razoável ao comparar os resultados de ambas as tabelas.

**Tabela 3.5:** Modos de Transporte utilizados pelos respondentes (Pesquisa online)

Quais modos de transporte a seguir você costuma utilizar em seus deslocamentos em Petrópolis?	Automóvel particular	Automóvel (aplicativo)	Motocicleta	Ônibus	Bicicleta	A pé	Táxi	Mototáxi
Petrópolis	17,50%	18,50%	2,90%	42,50%	0,30%	14,90%	2,90%	0,30%
Cascatinha	30,00%	21,70%	1,70%	36,70%	0,00%	8,30%	1,70%	0,00%
Itaipava	46,40%	10,70%	3,60%	25,00%	3,60%	10,70%	0,00%	0,00%

Por fim, uma última comparação ainda foi realizada, desta vez com as informações coletadas em campo, a partir das pesquisas junto aos usuários dos ônibus, efetuadas nos terminais rodoviários da cidade. Encontra-se em destaque, na Tabela 3.6, os terminais rodoviários localizados nos mesmos distritos onde as câmeras foram instaladas para fins de contagem volumétrica classificatória. Ainda que esta análise não seja adequadamente compatível com os resultados obtidos da análise das câmeras, uma vez tratar-se de deslocamentos efetuados até o terminal rodoviário, a presente análise tem como serventia, demonstrar que de fato, há significativa relação entre os resultados das contagens analisadas pelas câmeras e a forma de acesso aos terminais rodoviários do município.

**Tabela 3.6:** Formas de deslocamento até o Terminal Rodoviário (Pesquisa de Campo)

Forma de deslocamento até o Terminal	Carro Particular	Carro por Aplicativo	Motocicleta	Ônibus Municipal	Ônibus Intermunicipal	Caminhada/a pé
Terminal Centro	1,11%	0,17%	0,17%	55,81%	0,00%	42,74%
Terminal Itaipava	2,30%	0,40%	0,24%	82,19%	0,00%	14,89%
Terminal Corrêas	3,03%	2,77%	0,00%	88,67%	0,00%	5,53%
Terminal Itamarati	0,65%	0,00%	0,00%	79,67%	0,00%	19,51%
Terminal Bingen	1,75%	0,00%	0,22%	92,98%	0,22%	4,61%
Mini Terminal Posse	4,74%	0,73%	0,36%	50%	2,19%	41,97%

**Tabela 3.7**, os resultados obtidos a partir das análises das imagens das câmeras nos horários de pico, conforme apresentado anteriormente. Para cada categoria de veículo, são apresentados os percentuais levantados em relação ao fluxo total.

Veja-se que a média de deslocamentos efetuados por carro nos pontos considerados é de 74,4% em relação às demais categorias. Em segundo lugar em grau de importância, temos as motocicletas, cuja média de deslocamentos alcançou 19,7% do fluxo total. Já quanto aos ônibus, ou seja, categoria que representa o transporte público no município, estes alcançam uma média de apenas 2,2% do total.

Analisando por distrito, as médias identificadas, temos os valores apresentados na Tabela 3.4.

**Tabela 3.4:** (Média) Percentual correspondente a cada categoria de veículo utilizada nos deslocamentos identificados

	Automóvel	Motocicleta	Ônibus	Bicicleta	Semirreboque + Caminhão
<b>Petrópolis</b>	76,2%	19,0%	3,1%	0,7%	1,0%
<b>Itaipava</b>	73,3%	19,2%	2,0%	0,9%	4,5%
<b>Cascatinha</b>	73,7%	20,6%	1,6%	0,7%	3,5%

Apenas para fins de comparação, trazemos a Tabela 3.5, contendo os percentuais por categoria de deslocamento, coletados na pesquisa online (Relatório 04-E1). Como destacado naquele referido produto, as 224 entrevistas realizadas de forma online impossibilitam a utilização dos dados ali contidos com níveis de confiança satisfatórios, posto que representam apenas 0,08% da população do município que, segundo o mais recente censo realizado pelo IBGE, é de 278.881 pessoas.

Observando a Tabela 3.5, de maneira geral, observamos um significativo número de participantes que indicaram realizar seus deslocamentos principalmente de carro. Além disso, à semelhança do que restou evidenciado nas análises das câmeras instaladas, também observamos um baixo percentual de pessoas que se deslocam por bicicleta. Vale ressaltar que, ao analisar os dados da pesquisa online, dispomos de informações detalhadas sobre cada indivíduo, uma vantagem que não se aplica, por exemplo, aos ônibus. Na contagem volumétrica, os ônibus são considerados como um único veículo, podendo representar um grande número de pessoas em trânsito. Apesar dessa diferença de abordagem, constatamos uma coerência razoável ao comparar os resultados de ambas as tabelas.

**Tabela 3.5:** Modos de Transporte utilizados pelos respondentes (Pesquisa online)

Quais modos de transporte a seguir você costuma utilizar em seus deslocamentos em Petrópolis?	Automóvel particular	Automóvel (aplicativo)	Motocicleta	Ônibus	Bicicleta	A pé	Táxi	Mototáxi
Petrópolis	17,50%	18,50%	2,90%	42,50%	0,30%	14,90%	2,90%	0,30%
Cascatinha	30,00%	21,70%	1,70%	36,70%	0,00%	8,30%	1,70%	0,00%
Itaipava	46,40%	10,70%	3,60%	25,00%	3,60%	10,70%	0,00%	0,00%

Por fim, uma última comparação ainda foi realizada, desta vez com as informações coletadas em campo, a partir das pesquisas junto aos usuários dos ônibus, efetuadas nos terminais rodoviários da cidade. Encontra-se em destaque, na Tabela 3.6, os terminais rodoviários localizados nos mesmos distritos onde as câmeras foram instaladas para fins de contagem volumétrica classificatória. Ainda que esta análise não seja adequadamente compatível com os resultados obtidos da análise das câmeras, uma vez tratar-se de deslocamentos efetuados até o terminal rodoviário, a presente análise tem como serventia, demonstrar que de fato, há significativa relação entre os resultados das contagens analisadas pelas câmeras e a forma de acesso aos terminais rodoviários do município.

**Tabela 3.6:** Formas de deslocamento até o Terminal Rodoviário (Pesquisa de Campo)

Forma de deslocamento até o Terminal	Carro Particular	Carro por Aplicativo	Motocicleta	Ônibus Municipal	Ônibus Intermunicipal	Caminhada/a pé
Terminal Centro	1,11%	0,17%	0,17%	55,81%	0,00%	42,74%
Terminal Itaipava	2,30%	0,40%	0,24%	82,19%	0,00%	14,89%
Terminal Corrêas	3,03%	2,77%	0,00%	88,67%	0,00%	5,53%
Terminal Itamarati	0,65%	0,00%	0,00%	79,67%	0,00%	19,51%
Terminal Bingen	1,75%	0,00%	0,22%	92,98%	0,22%	4,61%
Mini Terminal Posse	4,74%	0,73%	0,36%	50%	2,19%	41,97%

**Tabela 3.7:** Percentual correspondente a cada categoria de veículo utilizada nos deslocamentos identificados

Nº	Distrito	Local da Filmagem	Automóvel	Motocicleta	Ônibus	Caminhão	Semirreboque	Bicicleta
1	Itaipava	Interseção da Ponte no Arranha-Céu com a Estrada União Indústria	74,3%	15,9%	2,9%	6,2%	0,7%	0,0%
2		Saída para a BR da Estrada União Indústria em Itaipava, próxima à Rotatória	71,9%	21,9%	1,7%	3,8%	0,0%	0,6%
3		Rotatória em Itaipava, próxima ao Terminal de Itaipava	74,6%	16,2%	2,6%	5,7%	0,2%	0,7%
4		Horto mercado em Itaipava – Estrada União Indústria (Visão 2)	78,2%	17,4%	0,9%	1,9%	0,0%	1,7%
5		Horto mercado em Itaipava – Estrada União Indústria (Visão 1)	67,7%	24,3%	2,0%	4,3%	0,0%	1,7%
6	Cascatinha	Interseção da Ponte de Bonsucesso com a Estrada União Indústria	70,0%	23,2%	1,8%	4,0%	0,2%	0,8%
7		Interseção da Ponte de Nogueira com a Estrada União Indústria	70,3%	21,2%	1,1%	6,7%	0,0%	0,7%
8		Retorno em Nogueira, próximo à Interseção	75,1%	18,6%	0,7%	4,7%	0,0%	0,8%



Nº	Distrito	Local da Filmagem	Automóvel	Motocicleta	Ônibus	Caminhão	Semirreboque	Bicicleta
9		Interseção da Ponte de Corrêas com a Estrada União Indústria	80,8%	13,0%	0,8%	5,0%	0,0%	0,4%
10		Interseção de Ponte Branca, na Estrada União Indústria	71,5%	21,7%	3,2%	2,8%	0,0%	0,9%
11		Assaí Atacadista – Entrada e Saída de Veículos	80,6%	16,9%	1,0%	0,9%	0,0%	0,6%
12		Interseção do Roseiral, na Estrada União Indústria	68,6%	26,3%	2,6%	2,3%	0,0%	0,2%
13		Interseção em Carangola com a Ponte que liga à Cascatinha (Visão 1)	72,5%	24,2%	1,4%	1,2%	0,0%	0,7%
14	Petrópolis	Estácio / Hospital de Santa Teresa	74,9%	22,7%	1,4%	0,4%	0,0%	0,6%
15		Palácio de Cristal	78,9%	16,1%	3,0%	1,0%	0,0%	1,0%
16		Catedral São Pedro de Alcântara	76,0%	18,8%	3,7%	1,1%	0,0%	0,3%
17		Proximidades da Praça da Liberdade	77,2%	18,7%	3,0%	0,9%	0,2%	0,0%
18		Rua Washington Luiz	71,8%	19,8%	5,1%	1,6%	0,0%	1,6%
19		Interseção de Duas Pontes	78,4%	18,0%	2,3%	0,7%	0,0%	0,6%

Procedendo a uma análise estatística exploratória dos dados e do que restou observado, apresentamos ainda, na Figura 3.8, os resultados da distribuição observada nos chamados “gráficos boxplot”.

O gráfico boxplot, também conhecido como diagrama de caixa, é uma representação gráfica que fornece uma visão compacta e resumida da distribuição de um conjunto de dados. Ele é especialmente útil para visualizar a dispersão e a centralidade dos dados, identificando a presença de outliers e padrões de variabilidade.

O boxplot é composto por diversos elementos, cada um representando diferentes estatísticas resumidas do conjunto de dados:

**Caixa (box):** A caixa representa o intervalo interquartil (IQR), que é a diferença entre o terceiro quartil (Q3) e o primeiro quartil (Q1). Ela é dividida em três partes, indicando a distribuição central dos dados.

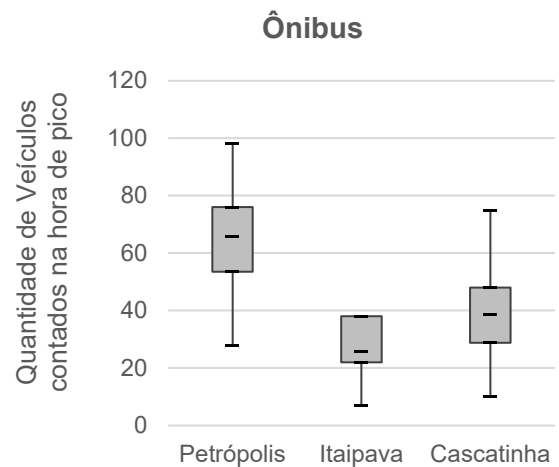
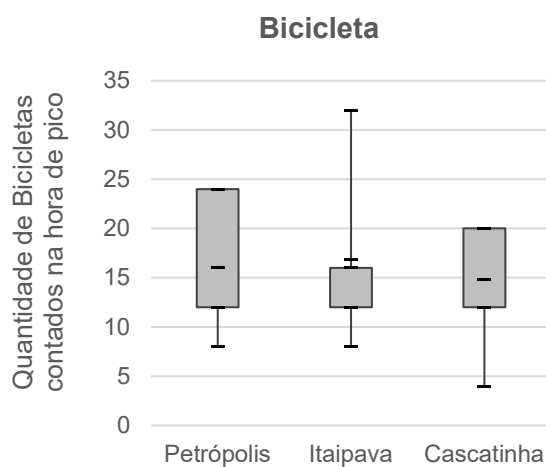
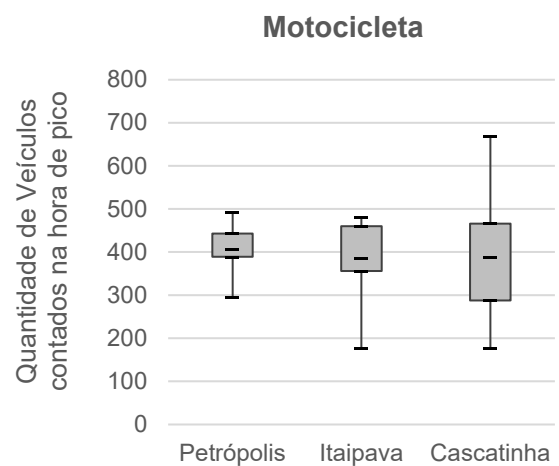
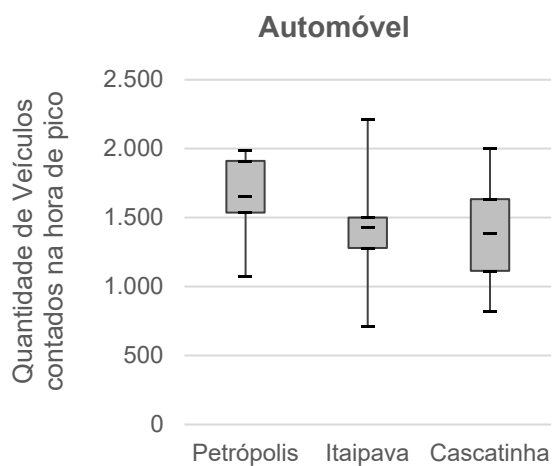
**Linha central na caixa:** Representa a mediana (ou segundo quartil - Q2), que é o valor que divide o conjunto de dados ao meio quando ordenado.

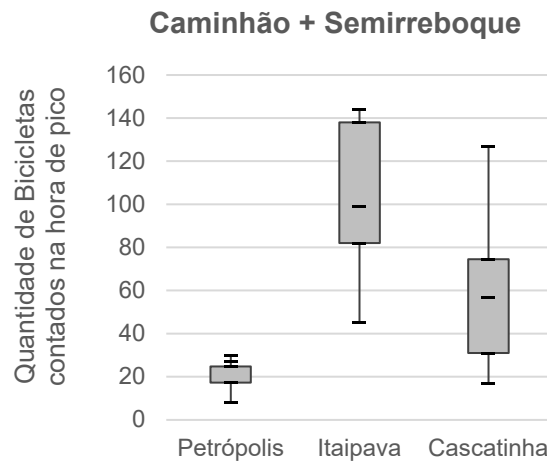
**Whiskers (ou "bigodes"):** São linhas que se estendem a partir da caixa até os valores extremos que não são considerados outliers. A extensão dos whiskers é geralmente calculada como 1,5 vezes o IQR.

**Outliers:** Pontos individuais fora dos whiskers que são considerados valores atípicos ou extremos em relação aos demais dados.

Portanto, além de possibilitar a comparação entre diferentes dispersões e uma ampla e adequada visualização da dispersão dos dados, o que se traduz na amplitude dos whiskers que fornece uma indicação visual da dispersão dos dados.

As informações são apresentadas por tipo de deslocamento, nos três distritos onde as câmeras foram instaladas e suas respectivas imagens analisadas.










**Figura 3.8:** Análise estatística das contagens realizadas

Finalmente, feitas todas as considerações anteriores, apresentamos os resultados dos levantamentos efetuados nas figuras a seguir. Para fins de facilitação da visualização, as imagens por meio das quais é possível identificar a divisão modal em cada ponto analisado, inserimos legendas conforme apresentado na Tabela 3.8. A legenda desempenha um papel fundamental na interpretação de imagens, sendo uma ferramenta essencial para fornecer contexto, esclarecimento e informações adicionais sobre o que está sendo apresentado visualmente. A legenda, portanto, é uma ferramenta essencial para comunicar eficazmente informações relacionadas a uma imagem, tornando-a mais acessível, compreensível e valiosa para uma variedade de públicos.

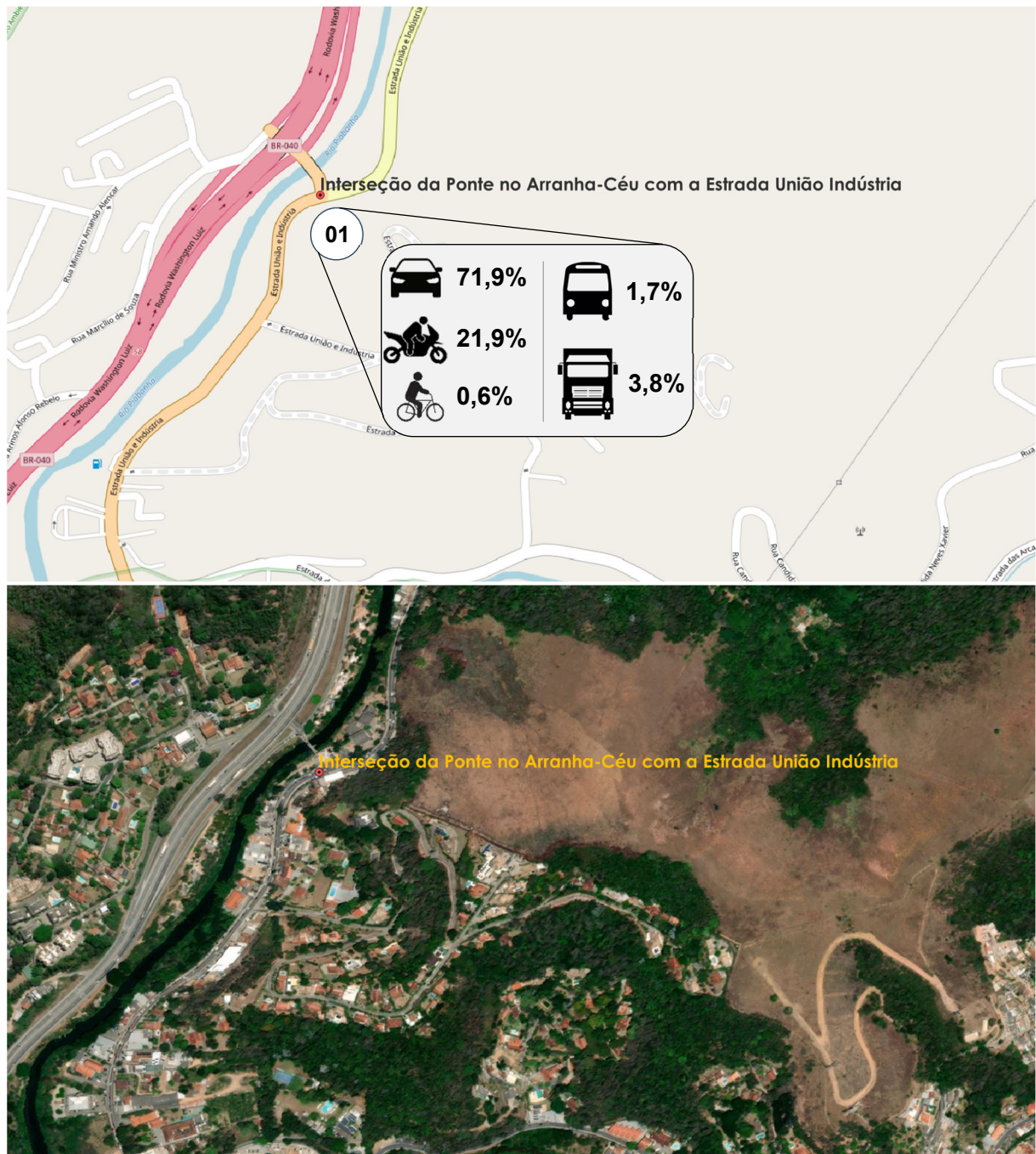
Desta forma, temos uma visualização simplificada, cuja análise possibilita verificar os percentuais de cada categoria, seja do transporte motorizado, a partir das viagens realizadas por carro, motocicleta, ônibus ou veículos comerciais, seja por transporte ativo, aqui apresentado apenas pelas contagens de bicicletas.

**Tabela 3.8:** Categorias utilizadas na divisão modal / de sistemas de transporte

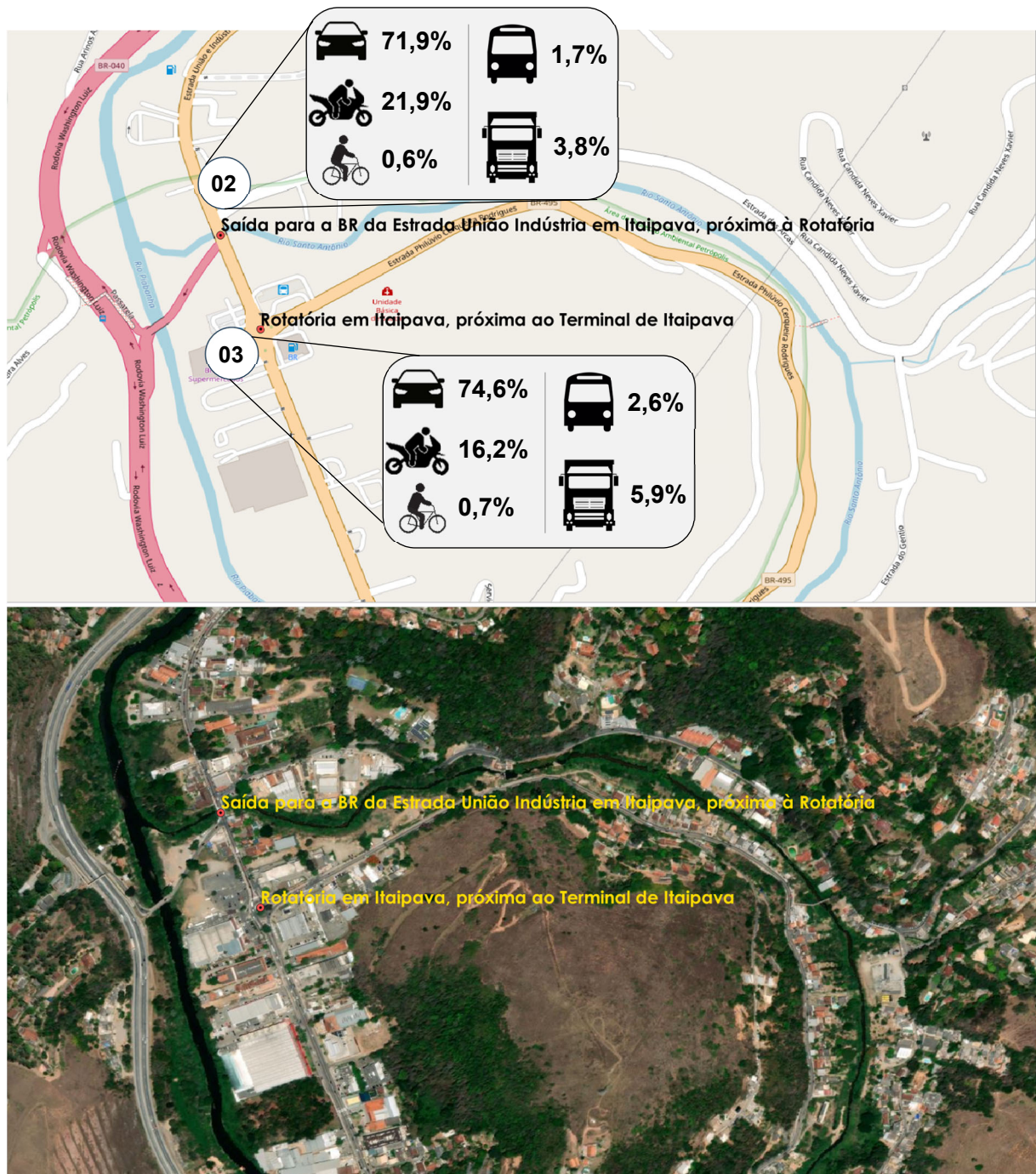
Modo		Tipo / Categoria	
Motorizado	Individual		Automóvel
			Motocicleta

	<b>Coletivo</b>		Ônibus
	<b>Comercial</b>		Caminhão + Semirreboque
<b>Ativo</b>	<b>Individual</b>		Bicicleta

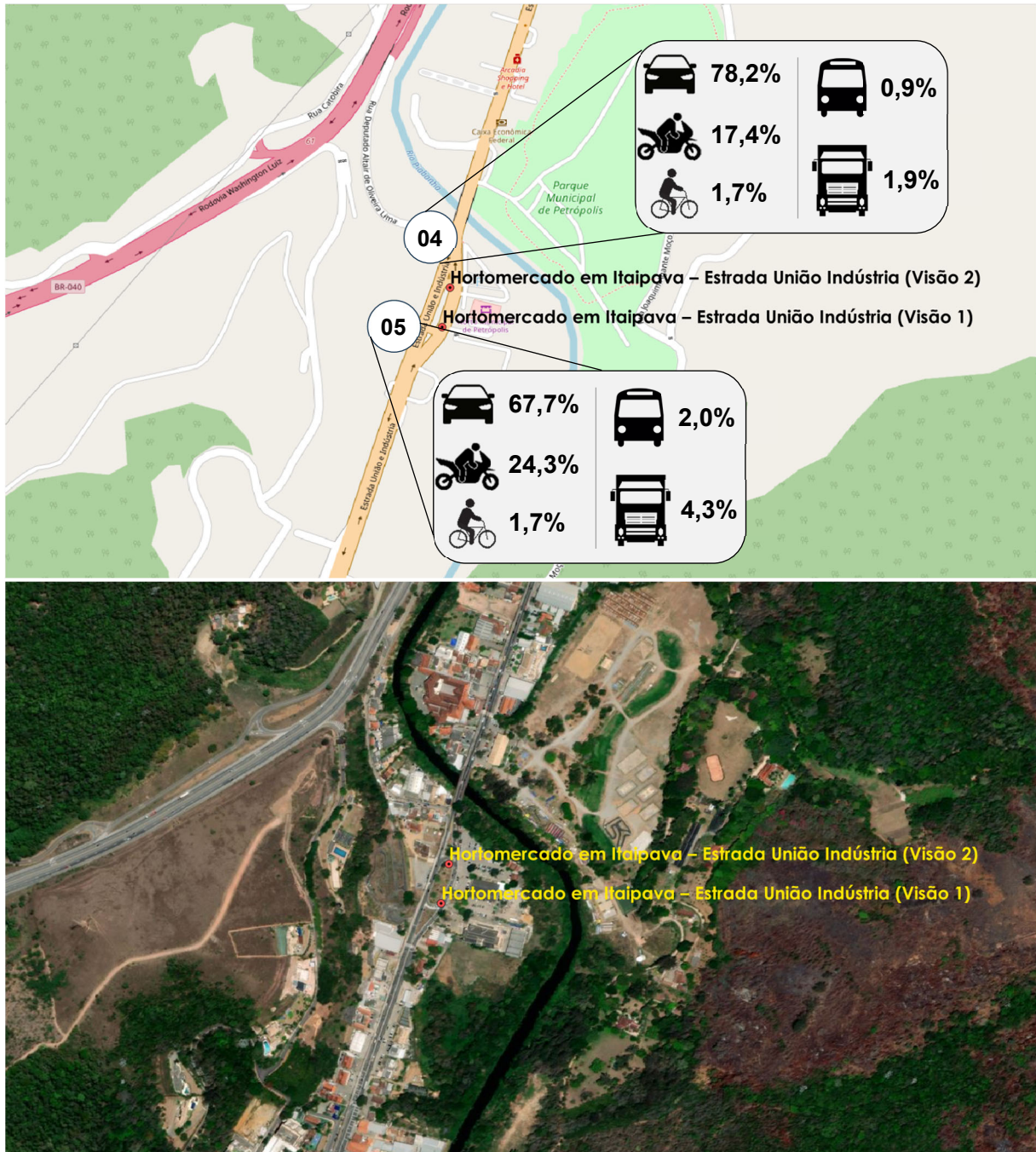
A seguir, apresentamos os resultados das análises efetuadas em cada ponto de filmagem. Em todos os casos, além da identificação das categorias de veículos sobre os mapas de localização, há também uma imagem de satélite, a fim de facilitar a compreensão do local exato onde a contagem volumétrica classificatória foi executada.



**Figura 3.9:** Resultados (01 - Interseção da Ponte no Arranha-Céu com a Estrada União Indústria)



**Figura 3.10:** Resultados (02 - Saída para a BR da Estrada União Indústria em Itaipava, próxima à Rotatória / 03 - Rotatória em Itaipava, próxima ao Terminal de Itaipava)

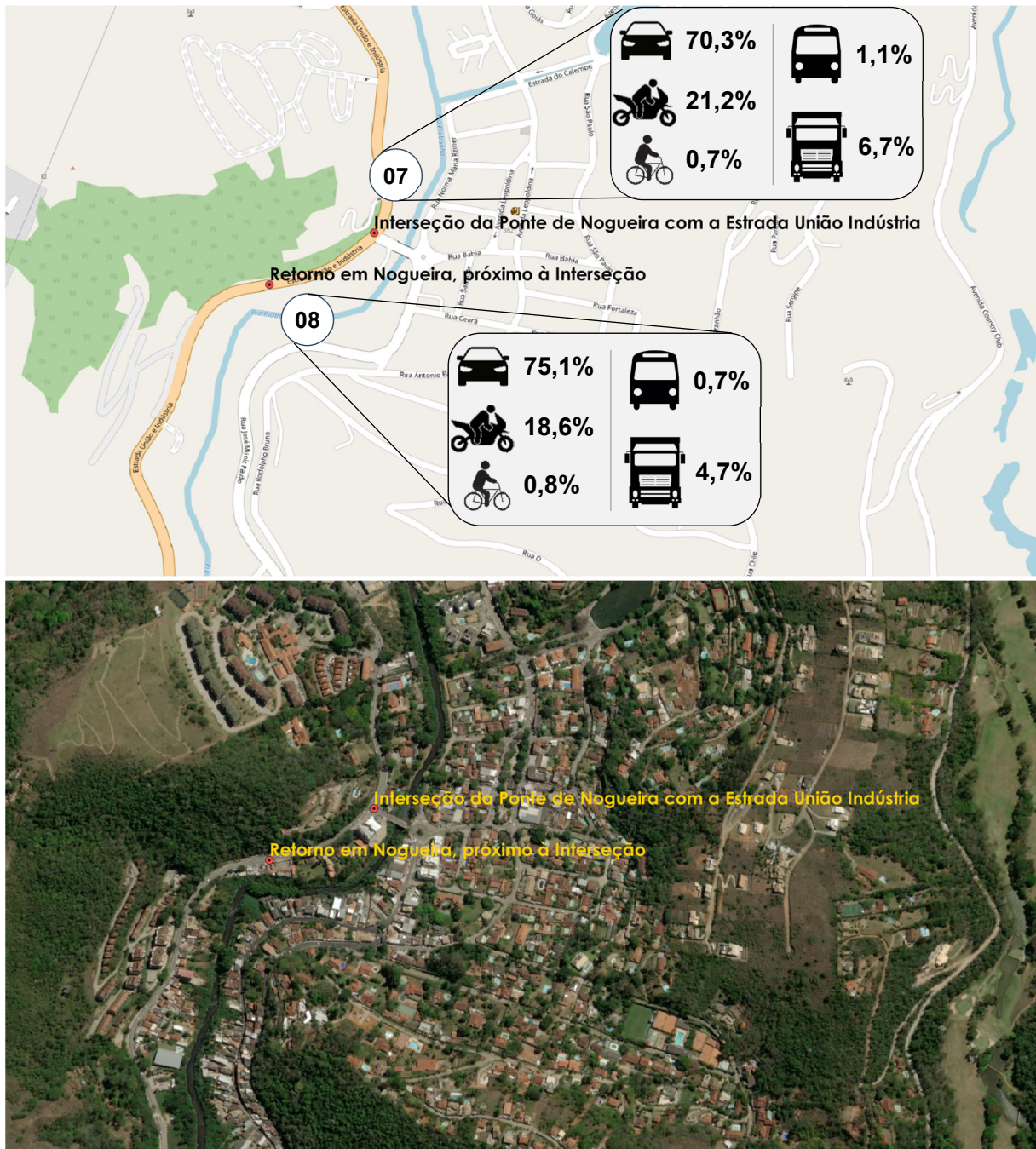


**Figura 3.11:** Resultados (04 - Hortomercado em Itaipava – Estrada União Indústria (Visão 2) / 05 - Hortomercado em Itaipava – Estrada União Indústria (Visão 1))

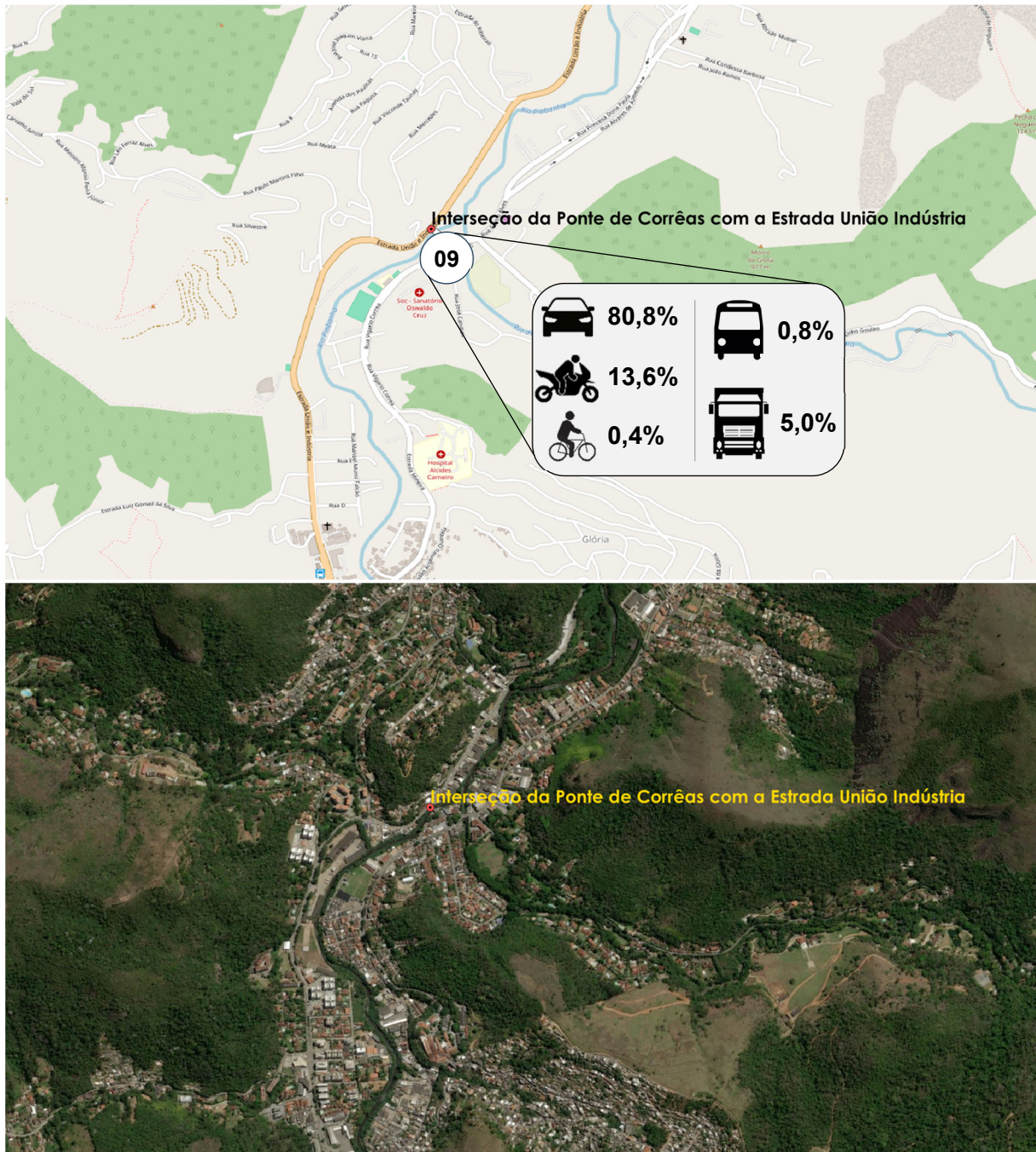


**Figura 3.12:** Resultados (06 - Interseção da Ponte de Bonsucesso com a Estrada União Indústria)

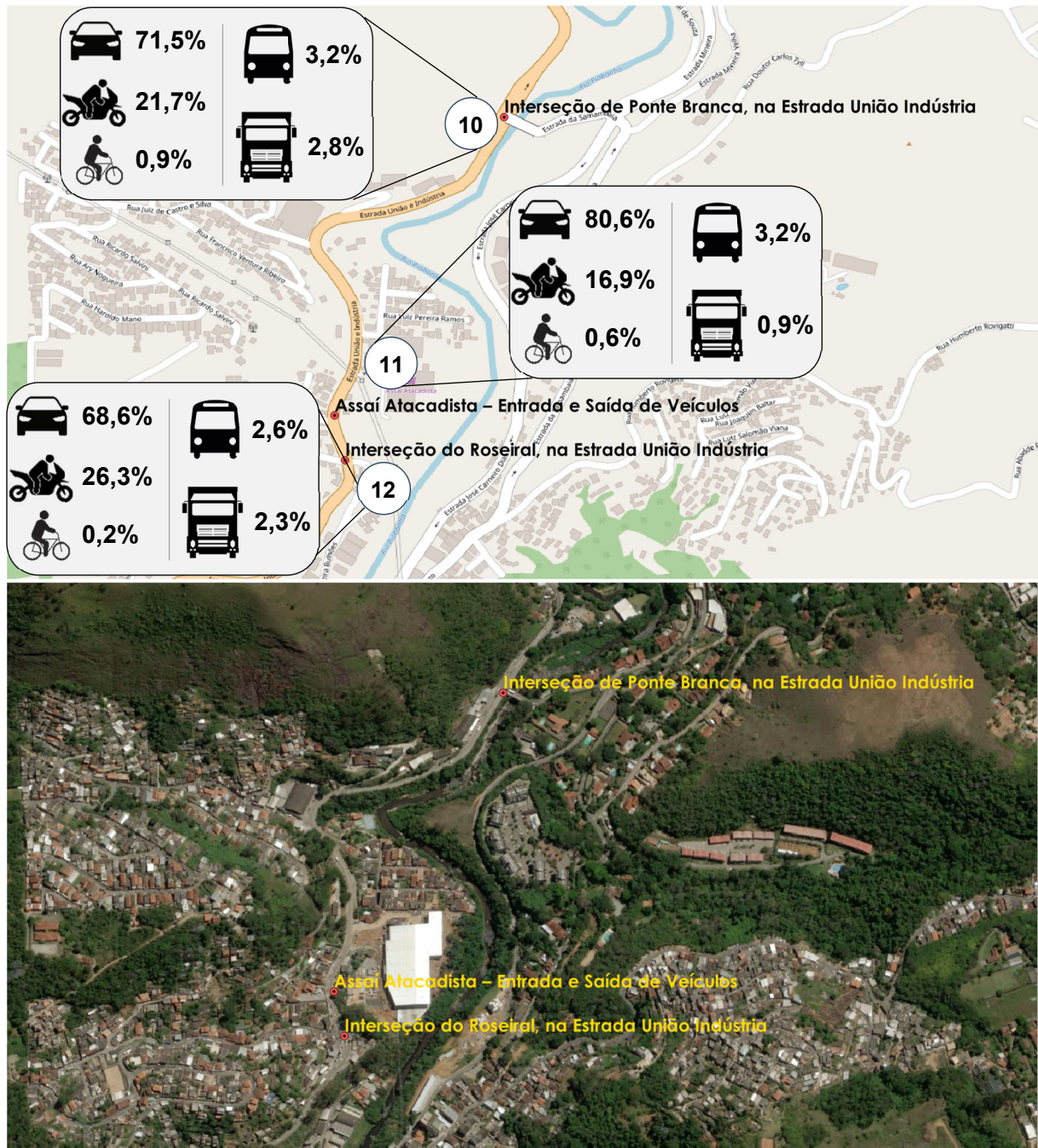




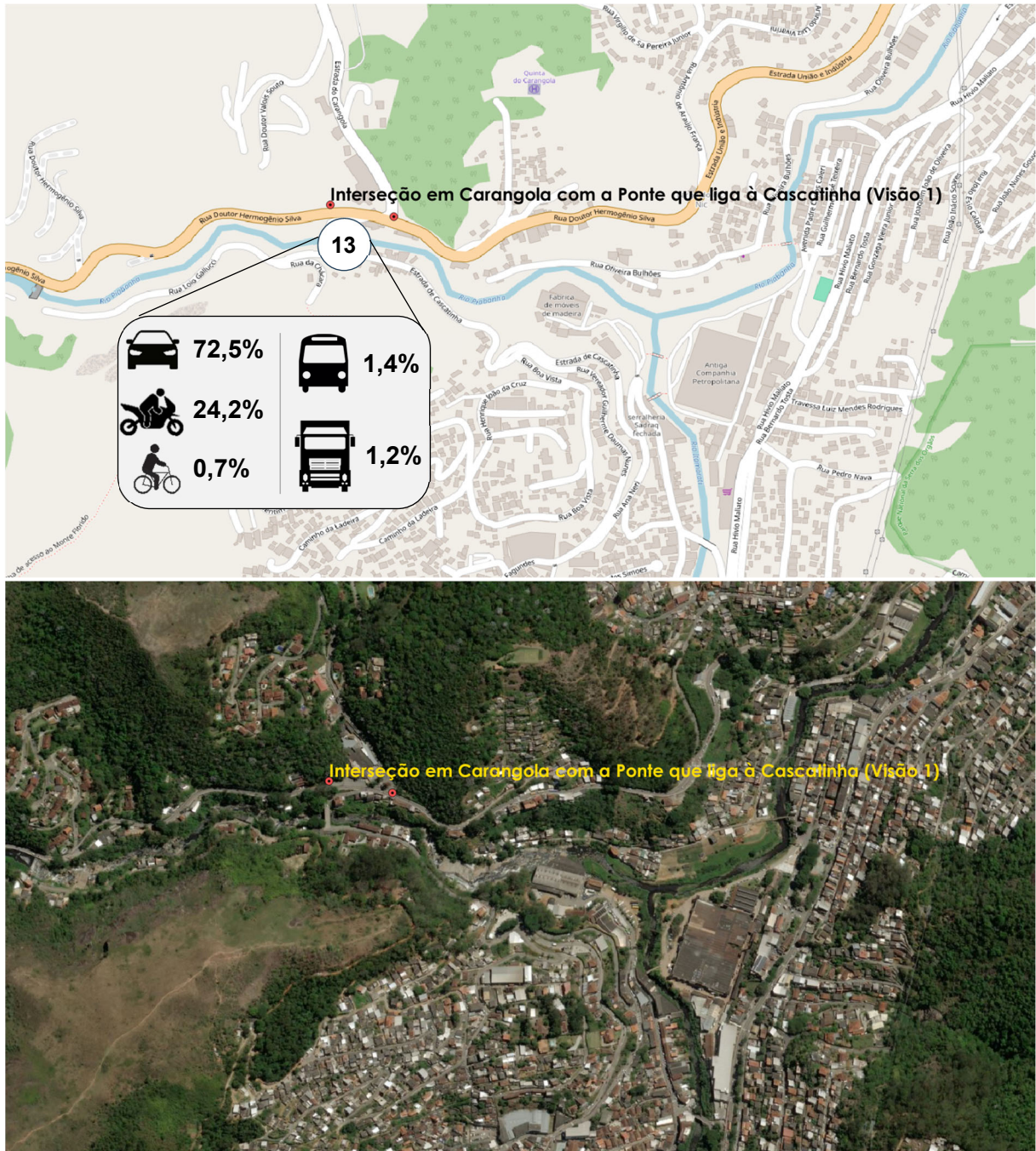
**Figura 3.13:** Resultados (07 - Interseção da Ponte de Nogueira com a Estrada União Indústria / 08 - Retorno em Nogueira, próximo à Interseção)



**Figura 3.14:** Resultados (09 - Interseção da Ponte de Corrêas com a Estrada União Indústria)



**Figura 3.15:** Resultados (10 - Interseção de Ponte Branca, na Estrada União e Indústria / 11 - Assaí Atacadista – Entrada e Saída de Veículos / 12 - Interseção do Roseiral, na Estrada União e Indústria)



**Figura 3.16:** Resultados (13 - Interseção em Carangola com a Ponte que liga à Cascatinha (Visão 1))

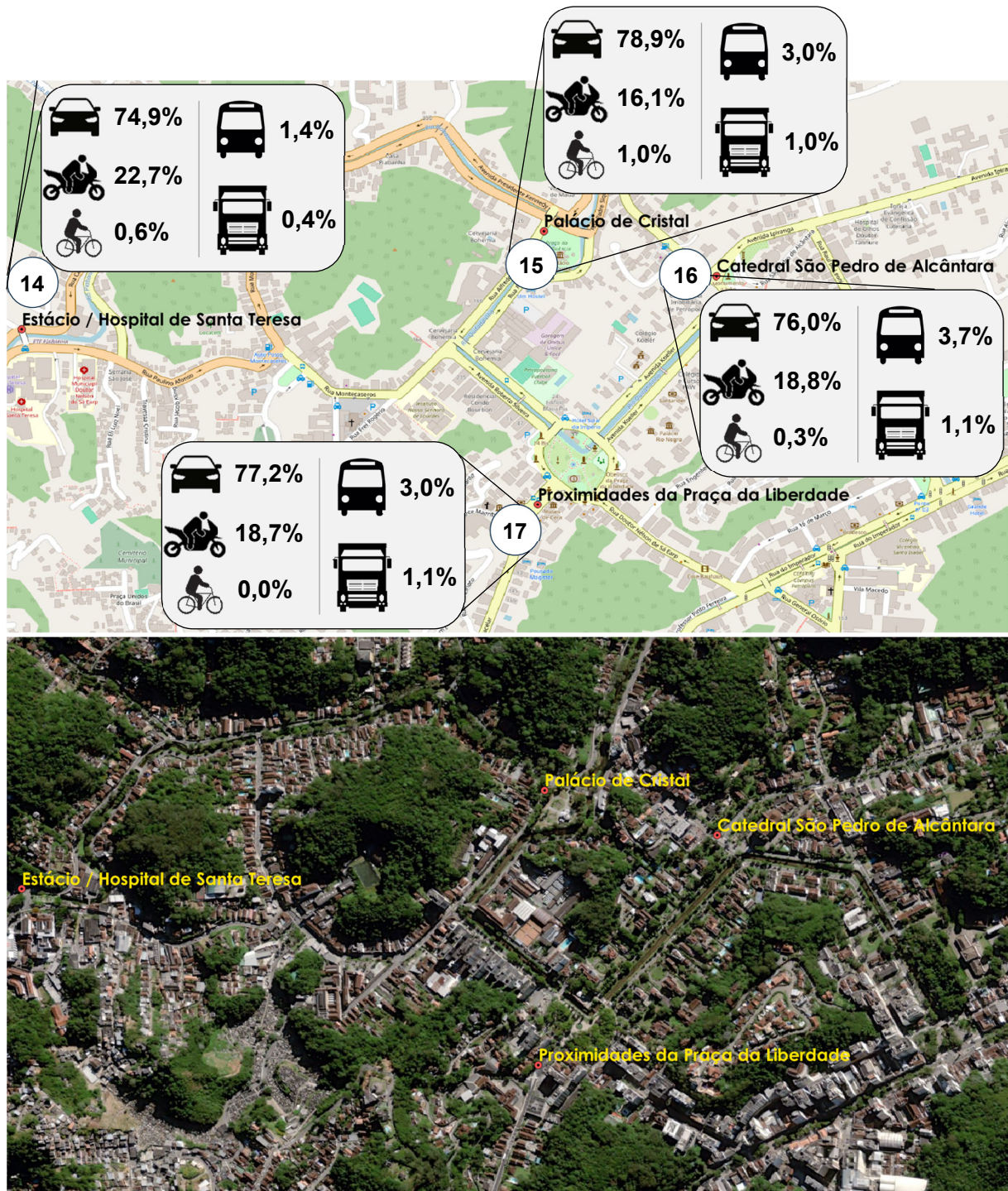
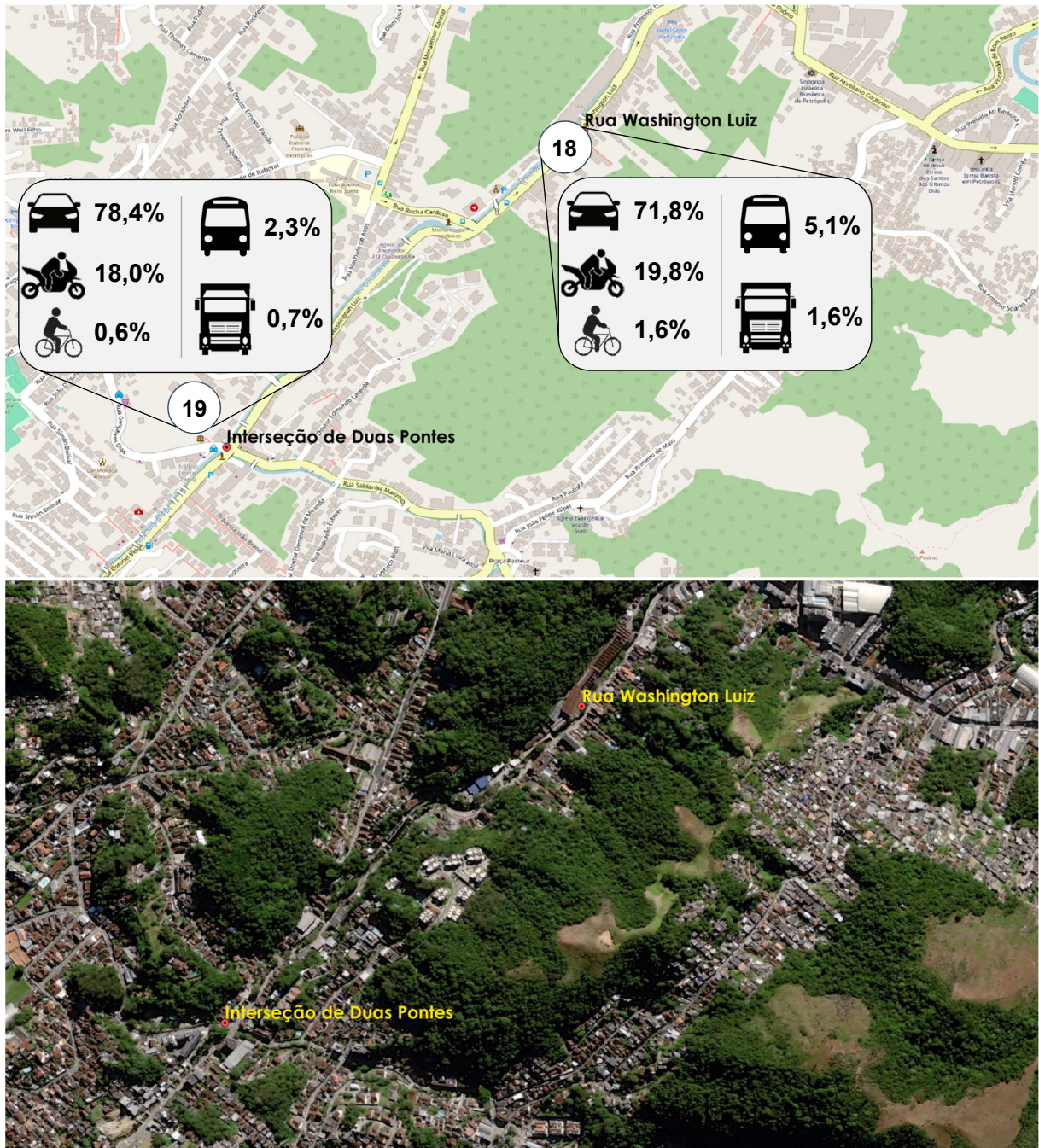


Figura 3.17: Resultados (14 - Estácio / Hospital de Santa Teresa / 15 - Palácio de Cristal / 16 - Catedral São Pedro de Alcântara / 17 - Proximidades da Praça da Liberdade)



**Figura 3.18:** Resultados (18 - Rua Washington Luiz/ 19 - Interseção de Duas Pontes)

## REFERÊNCIAS

---

CAMPOS, Vânia Barcellos Gouvêa. Planejamento de transportes: conceitos e modelos. Editora Interciência, 2013.

DEMARCHI, Sergio Henrique; BERTONCINI, Bruno Vieira. Determinação de Matrizes O/D Sintéticas a partir de Contagens Volumétricas. In: Anais do XVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. 2004. p. 832-843.

DUARTE, Fábio et al. Introdução à Mobilidade Urbana. 3ª. ed. Curitiba: Juruá, 2017. 108 p.

FERRAZ, Antônio Clóvis Coca Pinto; TORRES, Isaac Guillermo Espinoza. Transporte Público Urbano. São Carlos: RiMa, 2001. ISBN 85-86552-21-6

FETRANSPOR (2014a). Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro. Transporte para o Desenvolvimento da Região.

GARCIA, Flávio Amaral. Concessões, Parcerias e Regulação. São Paulo: Malheiros, 2019. 416 p. ISBN 978-85-392-0431-1.

GOUVÊA, Vânia Barcellos. Planejamento de Transportes: Conceitos e Modelos. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2013. 188 p. ISBN 978-85-7193-310-1.

GUIMARÃES, Geraldo Spagno. Comentários à Lei de Mobilidade Urbana: Lei nº 12.587/12 e atualizações: essencialidade, sustentabilidade, princípios e condicionantes do direito à mobilidade. 2ª. ed. Belo Horizonte: Fórum, 2019. 303 p. ISBN 978-85-450-0658-9.

HUTCHINSON, B. G. Princípios de Planejamentos dos Sistemas de Transporte Urbano. [S. l.]: Guanabara Dois, 1974.

ORTÚZAR, J. D. &, e Willumsen, L. G. (2011). Modelling Transport 2ª ed. Londres: Wiley and Sons.

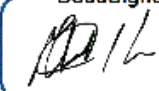
ORTÚZAR, J., & Willumsen, L. G. (2011). Modelling transport. John wiley & sons.

SENNA, Luiz Afonso dos Santos. Economia e Planejamento dos Transportes. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. 258 p. ISBN 978-85-352-7736-4.

VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara de. Mobilidade Urbana e Cidadania. São Paulo: Senac Nacional, 2012. 216 p. ISBN 978-85-7458-318-1.

## Diagnóstico do sistema viário da cidade de Petrópolis (1 Parte)

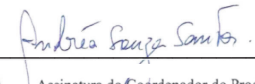
Rio de Janeiro, 26 de janeiro de 2024

DocuSigned by:  
  
A84C46DC55944C1...

---

**Prof. Marcelino Aurélio Vieira da Silva**

Coordenador do Projeto

  
Assinatura do Coordenador do Programa  
**Prof. Andrea Souza Santos**

 Prof. Andréa S. Santos  
PET/COPPE/UFRJ  
Slape 1692706

Coordenadora do Programa de Engenharia de Transporte



---

**Antonio MacDowell de Figueiredo**

Diretora Superintendente da Fundação COPPETEC