

### 3

## **Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (PDTU-RMRJ) e sua Atualização**

Os municípios da RMRJ vêm crescendo ano após ano na parte econômica e social, com tudo isso, o transporte urbano está ficando cada vez mais complexo e com maiores exigências. O PDTU é baseado num modelo matemático de transporte sofisticado que surge como resposta às dificuldades que estão sendo geradas em relação ao transporte da cidade (tanto na parte da oferta como da procura) e visa se tornar uma ferramenta de planejamento que consiga lidar com as futuras alterações e/ou necessidades de transporte da RMRJ.

O PDTU utiliza um modelo matemático de 4 etapas, que são, o Modelo de Geração, Modelo de Distribuição, Modelo de Divisão Modal e Alocação na Rede, com os quais se tornar uma ferramenta que possa contemplar principalmente os problemas de congestionamento da rede, simulação de cenários e projeções de viagens futuras.

Com o objetivo de fornecer políticas ou medidas sobre o transporte e mobilidade urbana, o Governo de Estado mediante a SETRANS (Secretaria de Transporte) elaborou o PDTU no ano 2003. As políticas propostas resultantes do PDTU (2003) servirão como delineamentos para investimentos em infraestrutura viária para todos os modais presentes na cidade com fim de melhorar a utilização das redes de transporte.

No ano 2011 foi contratado o Consórcio HALCROW-SINERGIA-SETEPLA para a elaboração, desenvolvimento, execução e atualização do PDTU-RMRJ, onde se tem como objetivos gerais a avaliação de resultados anteriores e a elaboração de novas propostas no horizonte de dez anos, considerando os investimentos relevantes que estão sendo realizados nos municípios da RMRJ (corredores BRS-*Bus Rapid Service*, implantação de sistemas BRT, ampliação da rede de metroviária etc.) assim como os impactos na rede viária (nos períodos de construção, inauguração etc.) e os benefícios sociais que serão obtidos. Neste sentido, temos como caso especial as demandas especiais como são os eventos da Copa do Mundo em 2014 e os Jogos Olímpicos em 2016.

Com relação à atualização do PDTU/2011, se apresenta a Tabela 4 com os principais objetivos e melhorias que se tem nesta nova versão:

Tabela 4 – Objetivos e melhorias do PDTU 2011

<b>Objetivos</b>	<b>Melhorias</b>
Fornecer estatísticas operacionais, financeiras e econômicas para o planejamento e avaliação de políticas.	Modelo PDTU tão acessível quanto possível para o maior número de usuários (interface em Excel), tanto nos setores públicos como nos privados.
Previsão de viagens de automóvel, caminhão, ônibus, viagens ferroviárias subterrâneas e de superfície, incluindo a sua alocação para rotas específicas.	Rede totalmente revisada e atualizada, incluindo todos os ônibus municipais e intermunicipais - representando uma grande empreitada, dado o tamanho da rede do Rio de Janeiro.
Fornecer um modelo de transporte estratégico multimodal da cidade do Rio de Janeiro.	Incorporação dos mais recentes dados socioeconômicos do IBGE (2011).
Fornecer uma estrutura independente e comum para todas as avaliações de transporte.	Adoção da plataforma de <i>software</i> tecnicamente superior do EMME (versão anterior do PDTU em foi desenvolvida em TRANSCAD), incluindo algoritmos de aglomeração.

Fonte: Adaptado de Consórcio HALCROW - SINERGIA – SETEPLA (2013b)

### **3.1 Rede e Sistema de Zoneamento da RMRJ**

Uma melhoria não mencionada na Tabela 4 é sobre o nível do detalhe que é adotado para a atualização do PDTU, a qual consiste que a zona de tráfego seja composta por um ou mais setores censitários utilizado pelo IBGE para o censo realizado no ano 2010. O setor censitário é a unidade geográfica mínima e indivisível. Na RMRJ tem-se um total de 19.974 setores censitários (10.504 no município do Rio de Janeiro e 9.470 nos demais municípios) e cada setor tem seu território dentro de uma única zona de tráfego.

O zoneamento da RMRJ (730 zonas de tráfego) foi baseado em duas divisões, que são os setores censitários (2010) e o zoneamento do PDTU (2003). Com tudo isto, o sistema de zoneamento do PDTU (2011) tem características especiais, que são: poder ser agregada por município (divisão administrativa que

contém parâmetros econômicos e populacionais) e que as zonas de tráfego do PDTU (2003) podem ser divididas em duas ou mais zonas de tráfego do PDTU (2012). Esta divisão traz vantagem devido ser possível estudar zonas com maior detalhe e desvantagem devido ao custo de realização das pesquisas (ver Figura 8).

O zoneamento é um elemento chave para a modelagem de transporte, e quando a divisão é maior, os resultados dos modelos de Geração e Distribuição poderão apresentar uma melhor precisão.

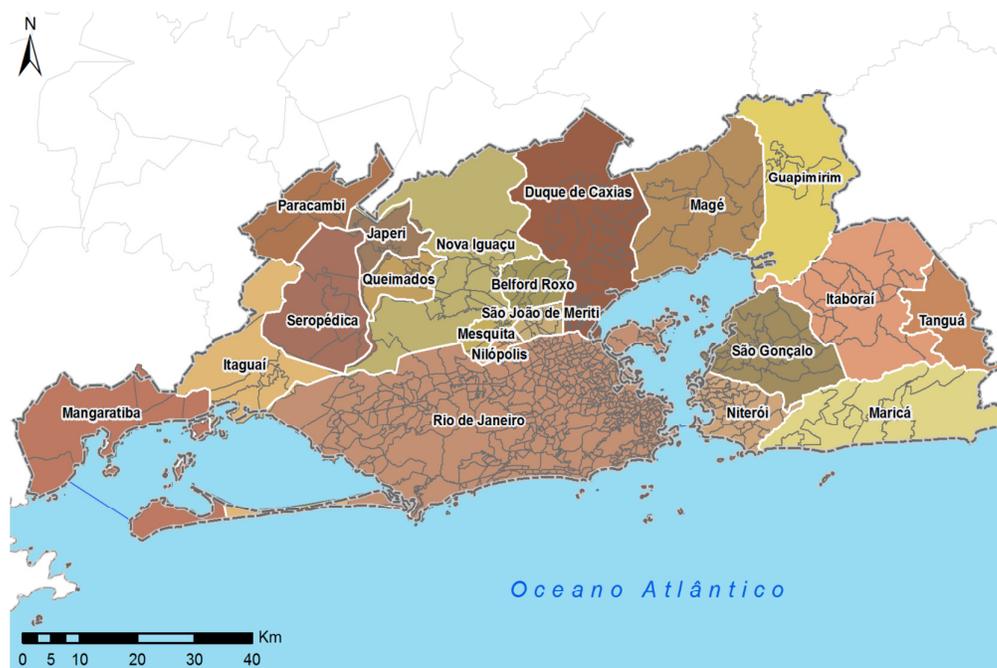


Figura 8 – Sistema de zoneamento da RMRJ  
 Fonte: Consórcio HALCROW - SINERGIA – SETEPLA (2013a)

Pode-se observar que a maior quantidade de zonas se encontra no município do Rio de Janeiro (63% aproximadamente), devido à presença de maior quantidade populacional e maior área. Na seguinte Tabela 5 se apresenta a composição dos municípios com o número de zonas nos quais foram divididos.

Tabela 5 – Número de zonas por município da RMRJ para o PDTU 2011

<b>Município</b>	<b>Num Zonas</b>	<b>Prop (%)</b>	<b>Município</b>	<b>Num Zonas</b>	<b>Prop (%)</b>
Rio de Janeiro	456	62,5	Maricá	10	1,4
Niterói	47	6,4	Belford Roxo	9	1,2
Duque de Caxias	44	6	Queimados	8	1,1
São Gonçalo	28	3,8	Itaguaí	8	1,1
Itaboraí	21	2,9	Seropédica	6	0,8
Nova Iguaçu	18	2,5	Mangaratiba	5	0,7
Mesquita	16	2,2	Guapimirim	5	0,7
Nilópolis	14	1,9	Japeri	5	0,7
São João De Meriti	14	1,9	Paracambi	5	0,7
Magé	10	1,4	Tanguá	1	0,1

Com relação à representação das zonas no computador, elas são apresentadas como polígonos e tem um ponto onde concentram suas propriedades e atributos, este ponto é chamado de “centroide da zona” e são localizados normalmente no seu centro de gravidade.

Para apresentação, visualização de dados e análise gráfica das zonas, neste trabalho, foi utilizado o *software* OPENJUMP o qual é um Sistema de Informação Geográfica de código aberto (SIG), escrito na linguagem de programação JAVA. O OPENJUMP é capaz de ler diversos tipos de arquivos geográficos, no caso dos nossos dados são de tipo “*shape*” (é um tipo de arquivo digital que representa uma feição ou elemento gráfico, seja ela em formato de ponto, linha ou polígono e que contém uma referência espacial ou coordenada geográfica de qualquer que seja o elemento mapeado). No total têm-se três arquivos “*shape*”, um sobre as 730 zonas do PDTU (ver Figura 9), outro sobre a rede viária da RMRJ (ver Figuras 10 e 11) e um último sobre os estabelecimentos comerciais fornecidos pela JUCERJA (ver Figuras 19 e 21).

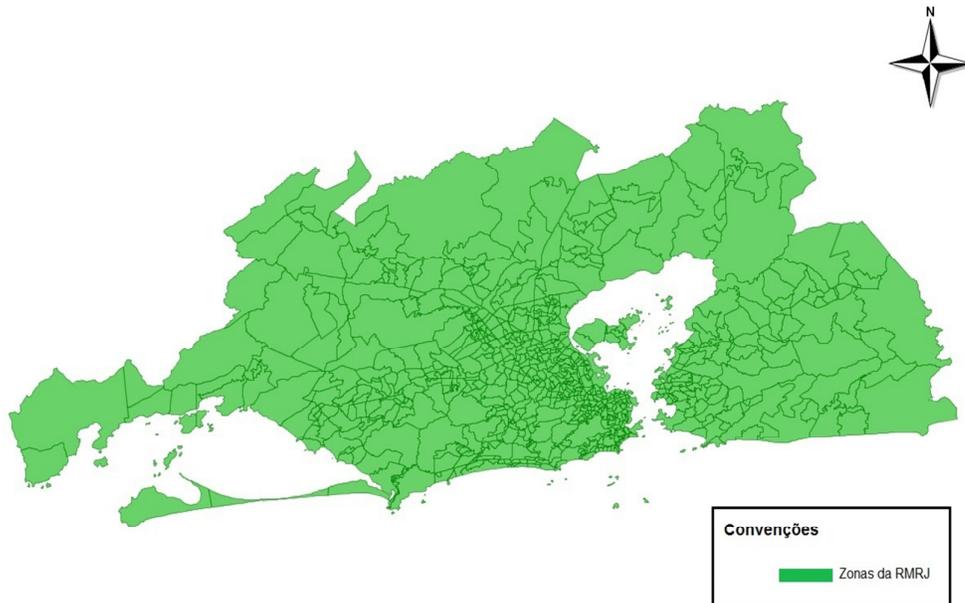


Figura 9 – Visualização do sistema de zoneamento da RMRJ com o OPENJUMP

A análise da malha viária é muito importante devido ela fornecer um dado de entrada muito importante para o cálculo da matriz OD, o qual consiste na estimação dos tempos de viagem e a distancia entre as zonas (especificamente os centroides). No caso do PDTU (2011) considera-se a distância pela malha viária e não uma linha reta, o que dá maior robustez aos resultados. Também é utilizada na hora de carregar a rede no modelo Alocação das viagens.

Como é de esperar, a maior concentração da malha viária se encontra no município do Rio de Janeiro. Um motivo desta característica é presença dos principais portos, aeroportos da região, postos de trabalho, hospitais, escolas, além do tamanho da população.

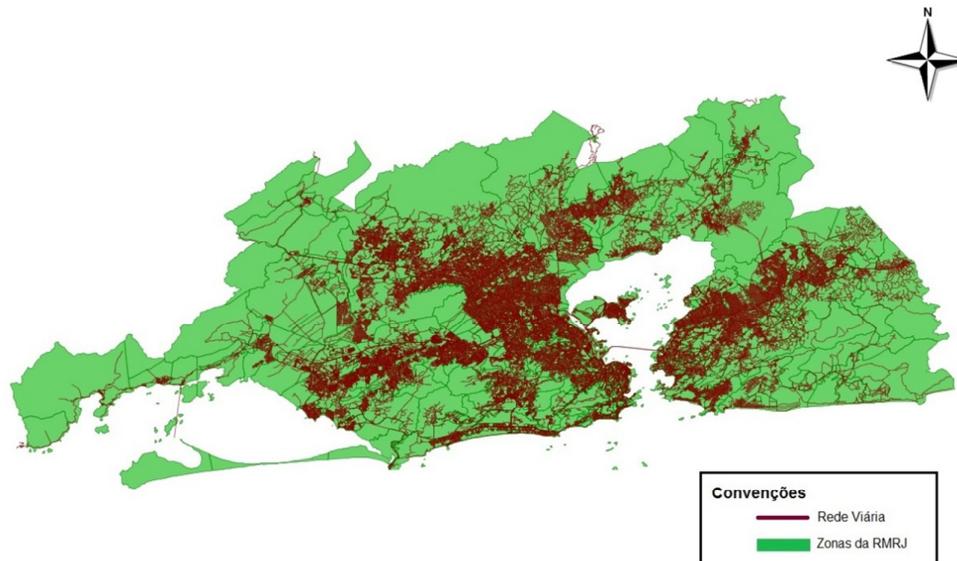


Figura 10 – Representação da malha viária da RMRJ com o OPENJUMP

Na Figura 11 se apresenta uma ampliação da imagem e pode-se visualizar a parte da Baía de Guanabara e a conexão dos municípios do Rio de Janeiro e Niterói. Percebe-se que a qualidade e resolução das imagens são muito boas o que facilita a análise e visualização.

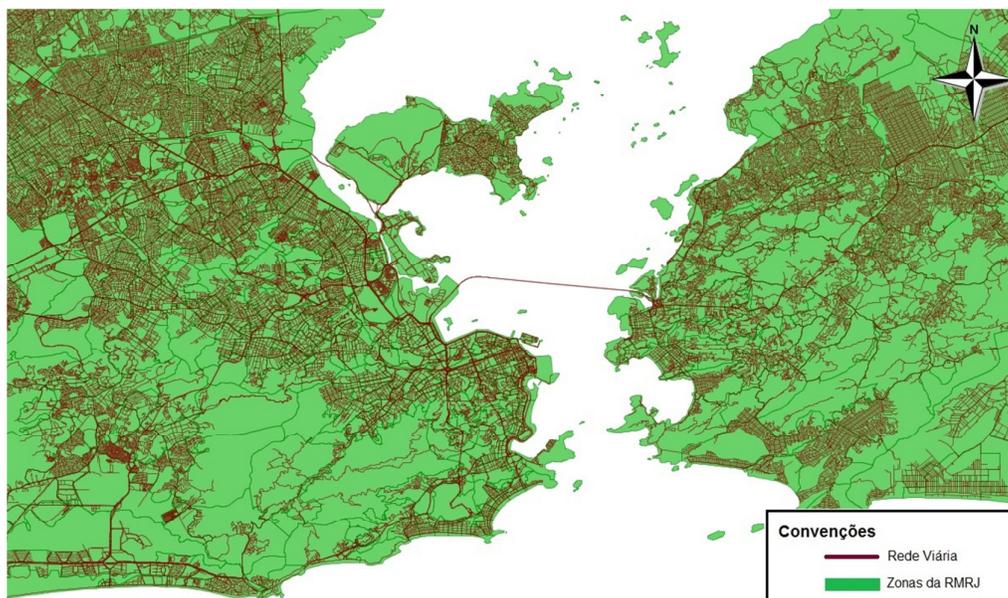


Figura 11 – Malha viária dos entre os municípios do Rio de Janeiro e Niterói

Tendo em conta a rede viária, o PDTU foi modelado para calcular viagens (e matrizes OD) em três períodos de tempo:

- Horário do pico da manhã (7h às 8h);
- Horário pico da tarde (17h30min às 18h30min);
- Horário entre picos (um horário entre 10h às 16h).

Estes horários são os resultados observados das pesquisas de contagens realizadas em 169 (23% aproximadamente) zonas de tráfego do total das zonas (730) em que foi dividida a RMRJ. O Consórcio foi quem determinou locais de pesquisa e calculou um tamanho de amostra para o estudo do PDTU. A partir disto, foi elaborada a Tabela 6, onde pode ser observado o número de zonas pesquisadas em relação ao total de zonas que compõem os municípios.

Tabela 6 – Número de zonas pesquisadas por município da RMRJ

<b>Município</b>	<b>Número de Zonas</b>	<b>Número de zonas Pesquisadas</b>	<b>Proporção (%) Realizada</b>
Rio de Janeiro	456	112	24,6
Niterói	47	11	23,4
Duque de Caxias	44	6	13,6
São Gonçalo	28	6	21,4
Itaboraí	21	5	23,8
Nova Iguaçu	18	4	22,2
Mesquita	16	4	25,0
Nilópolis	14	0	0,0
São João De Meriti	14	5	35,7
Magé	10	1	10,0
Maricá	10	2	20,0
Belford Roxo	9	4	44,4
Queimados	8	2	25,0
Itaguaí	8	2	25,0
Seropédica	6	2	33,3
Mangaratiba	5	0	0,0
Guapimirim	5	1	20,0
Japeri	5	1	20,0
Paracambi	5	1	20,0
Tanguá	1	0	0,0
<b>Total Geral</b>	<b>730</b>	<b>169</b>	<b>23,2</b>

A equipe do PDTU realizou diversas pesquisas, uma delas foi de Contagens Volumétricas, a qual consiste principalmente em contabilizar veículos durante o

dia em determinadas vias da cidade. Os veículos alvo do PDTU são: autos, taxis, motos, ônibus, caminhões de 2 eixos e 3 a mais eixos, Van (transporte alternativo) e veículos Utilitários. A seguir será mostrada a distribuição percentual horária da circulação de veículos na RMRJ que é um dos resultados baseadas nas pesquisas de Contagem Volumétrica com relação ao transporte individual, coletivo e de cargas.

Com referência ao transporte individual (formado por autos principalmente) obteve-se a distribuição horária mostrada na Figura 12. Na qual se pode observar que o horário de maior carregamento no período de manhã ocorre entre 7h às 8h (8% aproximadamente do volume total diário) e de tarde ocorre entre 17h às 18h (7,86% do volume total diário).

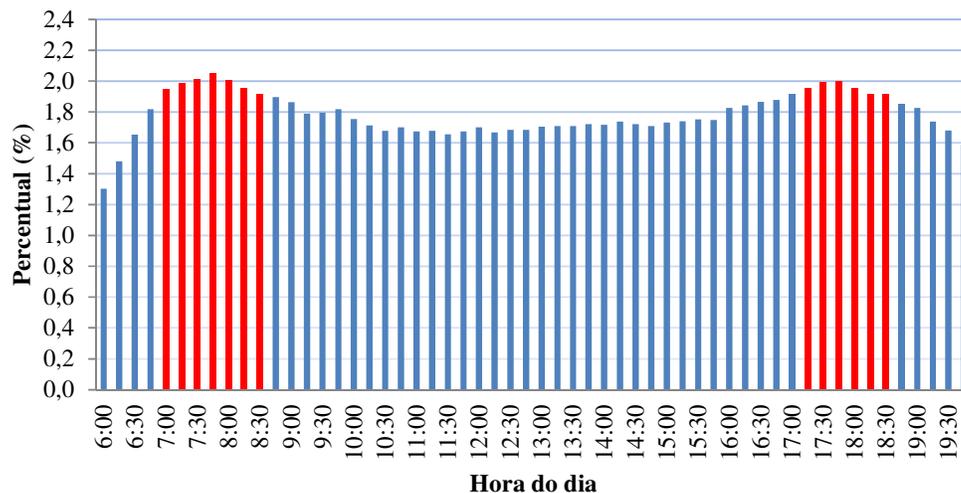


Figura 12 – Distribuição Percentual Horária do Transporte Individual da RMRJ

No que se refere ao transporte coletivo (formado por ônibus principalmente) tem-se a distribuição percentual horária mostrada na Figura 13. Na qual se pode observar que o horário de maior carregamento no período de manhã ocorre entre 7h às 8h (8,79% aproximadamente do volume total diário) e de tarde ocorre entre 17h às 18h (7,86% do volume total diário).

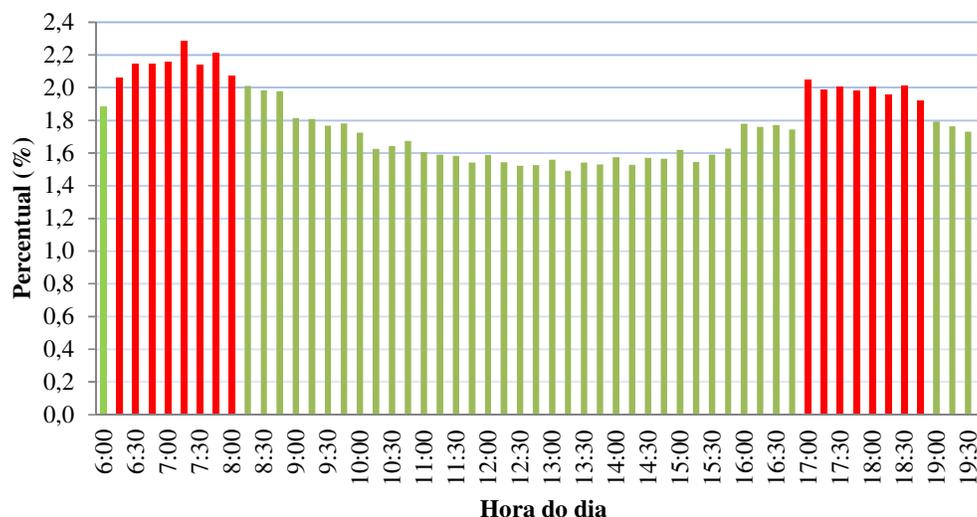


Figura 13 – Distribuição Percentual Horária do Transporte Coletivo da RMRJ

Pode-se observar que as duas curvas de distribuição percentual horária (individual e coletivo) das Figuras 12 e 13 respectivamente apresentam certa similitude, principalmente nas mesmas faixas horárias nos seus horários de pico (entre 7h às 8h e 17h às 18h). Podem-se interpretar estes resultados baseados na realidade. As pessoas saem das suas residências e se deslocam (de auto, de ônibus, etc.) de manhã (7h, por exemplo) para chegar a seus centros de estudo e a seus trabalhos (normalmente o horário de entrada é às 8h) e logo após de realizar suas atividades (8 horas de trabalho, por exemplo) retornam a suas residências correspondendo à faixa horária entre 17h às 18h.

Já para obter a distribuição percentual horária do transporte de cargas, tem-se que revisar e compreender os diversos regulamentos existentes sobre a circulação de veículos de carga na RMRJ. Os principais regulamentos considerados no PDTU (2011) são expostos brevemente a seguir:

A Secretaria Municipal de Transportes do Rio de Janeiro aplica uma série de normas com a qual restringe a circulação de caminhões. Têm-se três principais regras ou normas. A primeira consiste especialmente em proibir as operações de carga e descarga assim como a circulação de caminhões de segunda a sexta, das 6h às 10h (período de Pico da Manhã) e das 17h às 20h (Período de Pico da Tarde) nas vias que ficam dentro do cerco formado pelas vias mostradas na Tabela 7 e na Figura 14. A punição por desrespeitar esta norma é uma multa ao dono do caminhão e perda de pontos na carteira do motorista. Somente os caminhões de



A segunda norma vigente é a proibição da circulação de caminhões na Linha Amarela nos períodos de pico, das 6h às 10h e das 17h às 20h de segunda a sexta.

A terceira norma é a proibição da passagem de qualquer tipo de caminhão pela Ponte Rio-Niterói entre 4h às 10h, somente na pista com sentido Rio de Janeiro. No caso do sentido Niterói no mesmo horário, só os caminhões de dois eixos (tocos) podem circular. Esta restrição é válida para todos os dias (úteis, finais de semana e feriados).

Na Figura 15, se mostram as vias que tem proibições de circulação de caminhões, segundo as normas mencionadas acima:



Figura 15 – Vias restringidas para circulação de caminhões (segunda e terceira norma)

Tendo em conta os regulamentos mencionados, o transporte de cargas (formado principalmente por caminhões de 2 eixos, 3 a mais eixos e veículos utilitários), apresentou a distribuição percentual horária mostrada na Figura 16. Na qual se pode observar que o horário de maior carregamento no período de manhã ocorre entre as 10h às 11h (8,38% aproximadamente do volume total diário) e de tarde ocorre entre as 15h às 16h (8,23% aproximadamente do volume total diário).

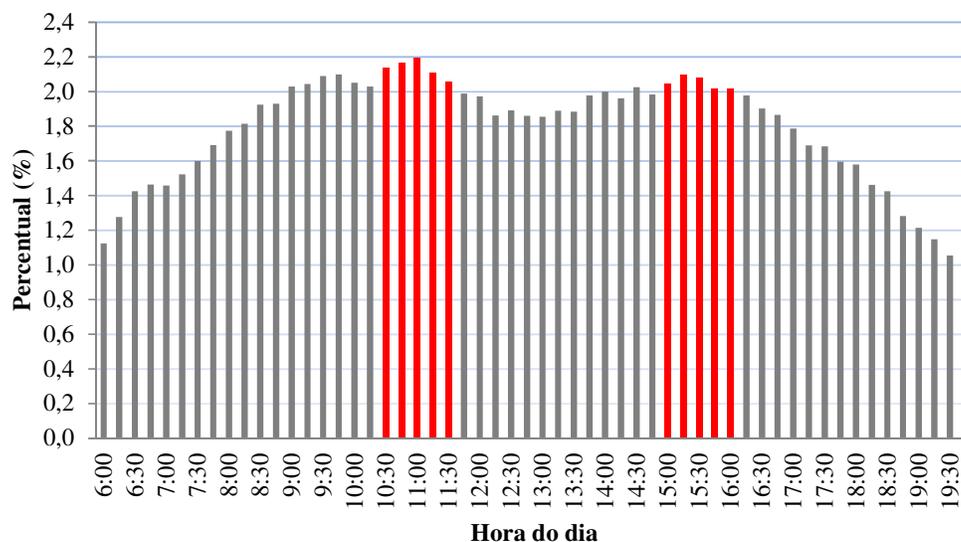


Figura 16 – Distribuição Percentual Horária do Transporte de Cargas da RMRJ

Pode-se observar das Figuras 12, 13 e 16 que o transporte de carga dentro da RMRJ, apresenta seu horário pico em uma faixa diferente com relação as do transporte individual e coletivo (6h às 10h e das 17h às 20h). Este resultado pode ser interpretado da seguinte maneira: Seguindo as normas impostas pela Secretaria de Municipal de Transportes, as empresas transportadoras, operadores logísticos e entre outros, programam as entregas considerando a restrição de circulação na área mostrada na Figura 14 e os períodos estabelecidos nas normas. Por esse motivo no período de manhã (especialmente a partir das 10h) o volume de caminhões é maior nas vias devido a que as empresas/caminhões “ficam esperando” a liberação da restrição de circulação para realizar as entregas e operações de carga/descarga sem inconvenientes. Com relação ao período da tarde, podemos interpretar que os caminhões voltam ao seu depósito depois da jornada de trabalho e para não ser multada (como mostra a Figura 16) a maior movimentação ocorre antes do período de pico da tarde do transporte individual e coletivo (17h às 20h).

Finalmente, pode-se entender que para cada período de tempo (Pico da Manhã, Pico da Tarde e Entre Picos) a rede viária apresenta diferentes características com relação à capacidade, restrições de circulação e entre outros.

No seguinte apartado adentra-se ao foco desta dissertação. São explicadas e definidas as variáveis que fazem parte do Modelo de Geração, que é o modelo que

calcula os vetores de produção e atração de viagens de veículos de carga e que são utilizados para calcular as matrizes Origem-Destino.

### 3.2 PDTU-RMRJ parte Cargas

Com relação ao transporte de cargas na RMRJ, o PDTU estuda e mensura o impacto que esta atividade ocasiona sobre o transporte individual e coletivo. Para isto, é analisado por separado o fluxo de veículos pesados entre os portos da cidade, as operações de entrega da empresa dos Correios, a coleta de lixo, as viagens de caminhões que vem de fora da RMRJ e, como último ponto, a circulação interna-interna de caminhões.

O componente do PDTU que estuda, modela e analisa a parte da circulação interna-interna de caminhões é o PDTU parte Cargas. O PDTU parte Cargas é baseado em um modelo de transporte, o qual tem como objetivo estimar uma matriz OD que represente os fluxos de veículos de carga entre as zonas que fazem parte da RMRJ. Este componente é relevante devido em algumas áreas urbanas da cidade apresentar trânsito intenso e a parte de veículos de carga tem um forte impacto sobre a circulação viária, afetando o transporte de passageiros e reduzindo a capacidade das vias principalmente.

Para a modelagem do PDTU parte Cargas foi utilizada como referência o estudo feito na cidade de Sevilla (Espanha) apresentado no artigo de Muñuzuri *et al.* (2012), onde é apresentada uma metodologia para estimar viagens baseadas principalmente nas variáveis:

- Número de atacadistas;
- Número de varejistas; e
- População.

Para análise das viagens de veículos de carga, foram identificados os seguintes tipos de viagens:

- **B2B:** *Business to Business* (Entregas Atacadistas a Varejistas);
- **B2H:** *Business to Housing* (Entrega Varejista a Domicilio ou Entregas Domiciliares).

Cabe destacar que existem outras formas de estimar viagens de veículos de carga. Mas foi escolhida esta metodologia devido à facilidade de entendimento do modelo assim como os dados utilizados que podem servir como base de dados para futuros trabalhos não só na área de transporte, como também em áreas afins. Este tipo de modelagem é inédito e por tal motivo representa a primeira tentativa de estimar e prever as viagens de veículos de carga, a qual é uma atividade muito complexa.

Na seção seguinte apresenta-se uma consolidação sobre a pesquisa realizada e o desenvolvimento do Modelo de Geração para o PDTU parte Cargas.

### 3.2.1

#### **Modelo de Geração para o PDTU-RMRJ parte Cargas**

Antes de começar a modelagem temos que deixar claro algumas questões referentes à origem e destino do transporte de carga em zonas urbanas. Para isto nos baseamos nas definições apresentadas no documento de Allen *et al.* (2000).

Como primeiro ponto, temos que saber diferenciar entre a origem e destino de uma mercadoria e a origem e destino de um veículo de carga que transporta mercadorias:

- A origem e destino final de uma mercadoria se referem a todo o percurso da mercadoria entre o primeiro ponto (origem) e o ponto final (destino) ao qual será transportado antes de ser consumido ou transformado em outra coisa. Uma mercadoria ao ser trasladada entre uma origem e um destino, pode ser manipulada e transportada por diferentes tipos de veículos no decorrer da viagem até chegar ao destino final;
- A origem e o destino de um determinado veículo de transporte de mercadoria referem-se ao ponto inicial e final de cada viagem de cada veículo em que a mercadoria é transportada.

No modelo de planejamento de transporte para veículos de carga só contam as viagens realizadas com caminhões ou veículos pesados que transportem mercadorias. Dito isto, há uma característica especial das viagens ou entregas realizadas pelos veículos de carga a qual consiste em dois possíveis sistemas:

- **Sistema de entrega direta com carga completa (*Truck load*):** É quando um veículo transporta um único lote de carga de um ponto de origem a um destino único. O veículo, em seguida volta para o depósito, recolhe outra carga e faz a entrega e assim por diante (ver Figura 17).

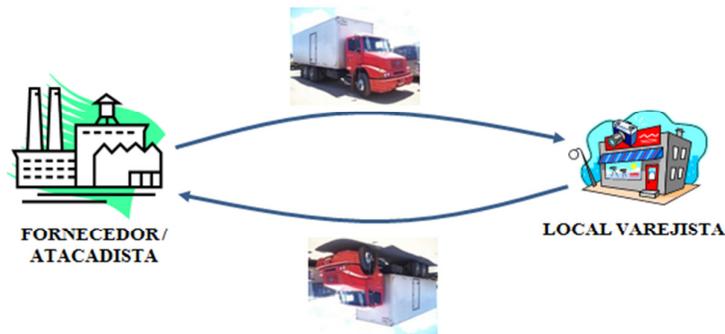


Figura 17 – Sistema de entrega direta

- **Sistema de entrega por roteiro (carga parcelada – *Less than Truck load*):** É quando o veículo entrega cargas em mais de um ponto (faz as entregas para vários locais diferentes), ou seja, todos os locais recebem parte da carga do veículo (ver Figura 18).



Figura 18 – Sistema de entrega por roteiro

Os sistemas de entrega mostram que os veículos partem de um lugar origem e realizam as entregas nas áreas urbanas. Seguindo esse raciocínio podemos pensar que as viagens dos veículos de carga começam nos locais atacadistas que ficam em uma zona dentro da área em estudo. Eles realizam as entregas em

diversas zonas as quais apresentam um determinado número de locais varejistas que demandam mercadorias e ao fim de jornada de trabalho os veículos de carga voltam a seus depósitos ou zona de origem. Com isto vemos que cada zona está atraindo e produzindo viagens de veículos de carga, e estas viagens devem ser estimadas utilizando um modelo de Geração.

O Modelo de Geração não é abordado nesta dissertação, mas se considera relevante fazer as explicações e procedimentos sobre como são calculados os vetores de produção e atração de viagens.

Como foi mencionado a RMRJ foi dividida em 730 zonas de tráfego sendo que as mesmas possuem diversos tipos de estabelecimentos comerciais entre atacadistas e varejistas. Neste caso o comércio varejista foi dividido em dez setores de atividades (dependendo das características das mercadorias com as quais trabalham). Como é mostrado a seguir:

**Setor 1:** Bares, lojas de bebidas, restaurantes, lanchonetes, supermercados e mercearias;

**Setor 2:** Farmácias, drogarias, perfumarias, cosméticos;

**Setor 3:** Lojas de calçados, de roupas;

**Setor 4:** Lojas de eletrônicos/eletrodomésticos, de móveis;

**Setor 5:** Postos de gasolina e óleo lubrificante;

**Setor 6:** Livrarias, papelarias;

**Setor 7:** Lojas de informática;

**Setor 8:** Lojas de departamentos;

**Setor 9:** Concessionárias de carros; e

**Setor 10:** Lojas de materiais de construção.

A maioria das empresas fornecedoras de produtos tem sua base de operações em lugares periféricos. Nesses lugares se realizam diariamente os processos já mencionados. Embora a base operações fique num lugar afastado eles afetam ou tem um impacto nas operações nas áreas ou centros urbanos. Por tal motivo o transporte de carga na pode ser estudado de uma forma isolada senão como uma totalidade incluindo áreas urbanas e periféricas.

Na seguinte Tabela 8 se mostra as quantidades locais de varejistas e sua porcentagem no total a partir de dados fornecidos pela JUCERJA. Cabe

mencionar que alguns locais foram tirados da base de dados devido a erros no endereço ou localização. E também houve uma homogeneização das atividades dos locais. Por exemplo, a denominação “Bares e outros Estabelecimentos Especializados em servir Bebidas” utilizada na base de dados da JUCERJA como atividade do estabelecimento, no PDTU-RMRJ parte Cargas foi considerada simplesmente como “BARES”.

Tabela 8 – Número de locais varejistas na RMRJ

<b>Estabelecimentos (Atividades)</b>	<b>Num de Estabelecimentos</b>	<b>Prop(%)</b>
Bares	8253	2,5
Loja de Bebidas	16754	5,1
Restaurante/Lanchonete	22288	6,8
Mercearia	26570	8,2
Supermercado	40568	12,5
Perfumaria / Cosméticos	25943	8,0
Farmácia / Drogaria	7111	2,2
Loja de Calçados	4466	1,4
Loja de Roupas	57452	17,6
Loja de Eletronic./Eletrodomésticos.	6869	2,1
Loja de Móveis	13685	4,2
Óleo Lubrificante	230	0,1
Posto de Gasolina	1919	0,6
Livraria / Papelaria	10782	3,3
Loja de Informática	32328	9,9
Loja de Departamentos	12116	3,7
Concessionária	8814	2,7
Materiais de Construção	29699	9,1
<b>Total Geral</b>	<b>325847</b>	<b>100</b>

Fonte: JUCERJA (2013)

Da Tabela 8 pode ser observado que existem duas atividades que apresentam maiores percentuais: Supermercados e Lojas de Roupas com aproximadamente 13% e 18%, respectivamente.

Com relação à localização utiliza-se o OPENJUMP para mapear os diversos estabelecimentos varejistas. Como maneira de ilustrar a localização dos estabelecimentos varejistas, nas seguintes figuras 19 (e 20) visualiza-se a localização das 13685 Lojas de Moveis nas zonas da RMRJ.

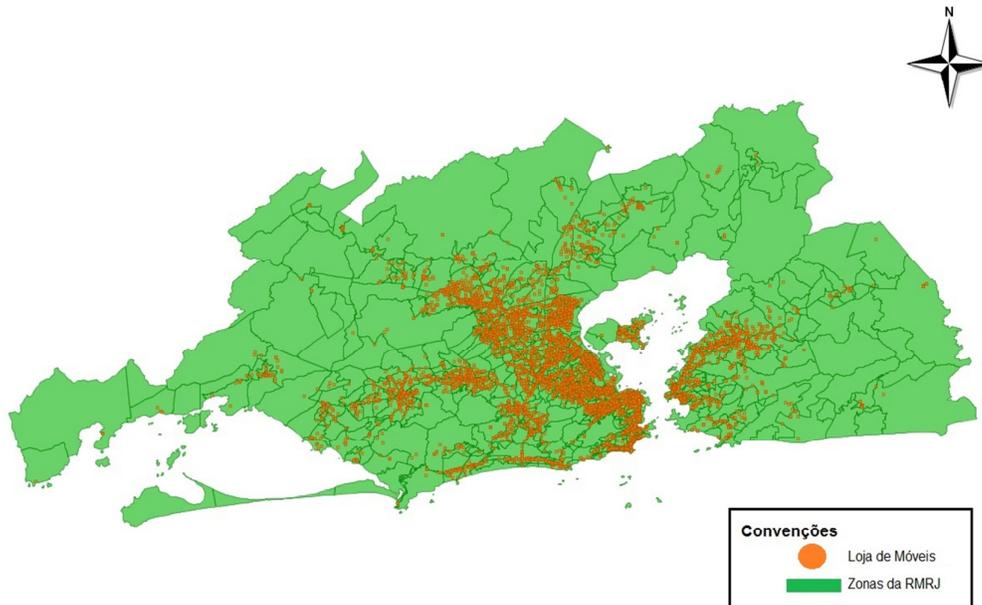


Figura 19 – Loja de Móveis na RMRJ

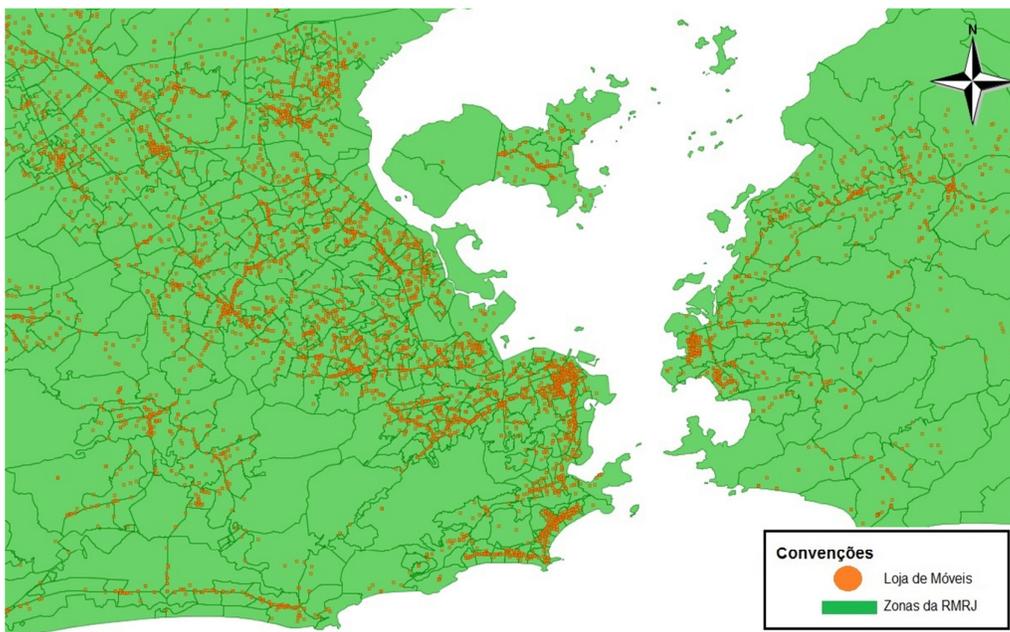


Figura 20 – Loja de Móveis em algumas zonas entre Rio de Janeiro e Niterói

Como maneira de ilustrar a relação entre a rede viária e os locais varejistas, mostram-se as seguintes figuras considerando o caso das Lojas de Móveis.

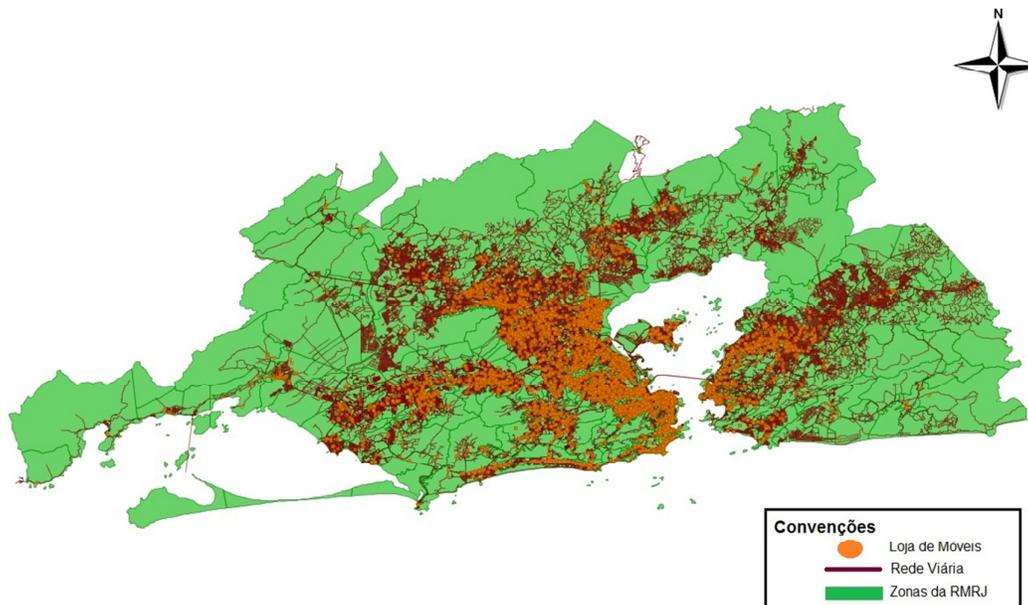


Figura 21 – Rede viária e as Lojas de Móveis na RMRJ

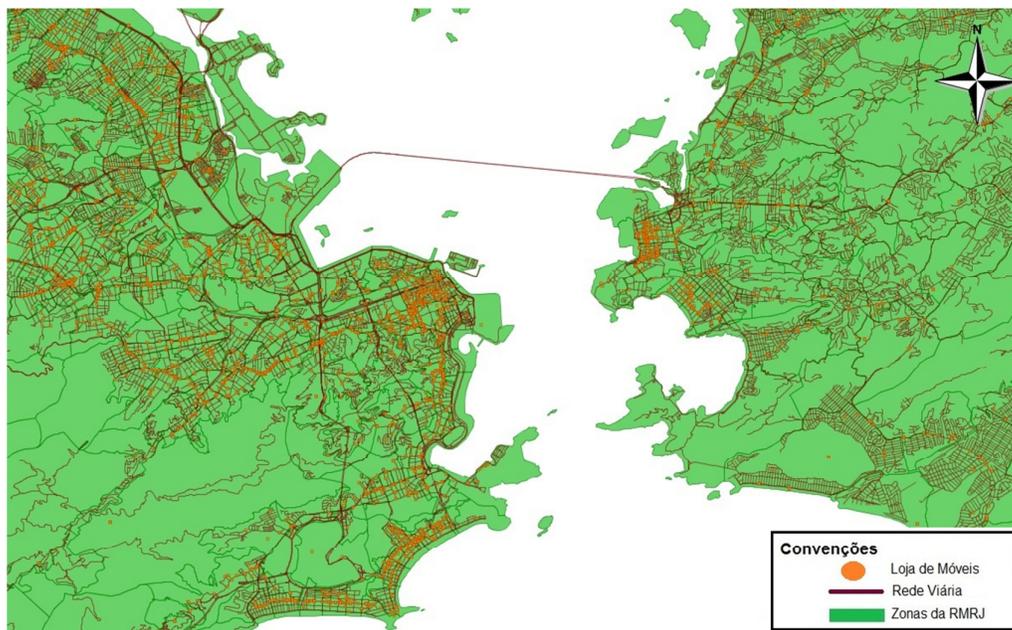


Figura 22 – Rede viária e as Lojas de Móveis em algumas zonas entre Rio de Janeiro e Niterói

### 3.2.2 Cálculo das Viagens Originadas e Destinadas de Veículos de Cargas

Para a modelagem do PDTU parte Cargas, foram executadas apenas três etapas de um modelo de Quatro Etapas (*Four-Step*), Geração, Distribuição e

Alocação das Viagens. A quarta etapa é a Escolha Modal, porém não foi realizado devido ser utilizado somente o modal rodoviário para a distribuição das cargas. Nesta dissertação tem-se como foco principal o Modelo de Distribuição.

Para estimar o fluxo de veículos de carga dentro da RMRJ assume-se que o número de veículos que entram e saem de cada zona é composta de quatro fluxos, tal como é mostrado na Figura 23 abaixo, onde estão representados:

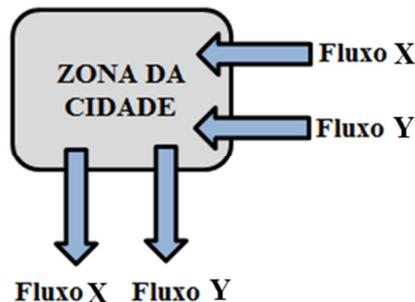


Figura 23 – Fluxo de veículos de carga que entram e saem das zonas da cidade

Onde:

**Fluxo X:**

É o número de veículos que partem da sua zona de origem (depósitos, armazéns etc.) e na maioria das vezes no início do dia. Este fluxo pode é calculado em função da quantidade de atacadistas e do total de veículos de carga utilizados para fazer as entregas nos locais dos varejistas.

**Fluxo Y:**

É o número de veículos que entram na zona para distribuir mercadorias e depois continuar o seu percurso (roteiro) através de outras zonas. Este fluxo é calculado em função da quantidade de varejistas e a média de entregas por veículo por dia nos locais varejistas.

No que diz respeito ao fluxo de entrada, este corresponde também a veículos que regressam à zona em que fica o seu depósito (fluxo X) e aqueles que entram na zona como um destino intermediário nas suas viagens (fluxo Y). Como sugerido pela Figura 23, é assumido que o fluxo de entrada é igual ao de saída. Essa suposição é razoavelmente possível, uma vez que os veículos que deixam a

zona de depósito para fazer entregas para outras áreas e devem regressar ao seu depósito para começar de novo no dia seguinte sua jornada de trabalho.

Com relação às entregas domiciliares, o primeiro passo é identificar o tipo de varejista que realiza entregas domiciliares e quantos há em cada zona. O segundo passo é estimar uma média de veículos utilizados para entregas domiciliares e a quantidade média de entregas por dia. O modelo supõe que cada veículo faz as entregas em muitos domicílios por dia, da mesma forma que veículos de entrega dos atacadistas fazem para um setor e/ou tipo de estabelecimento de varejo e ao final da jornada de trabalho retorna ao seu ponto de origem. Logo, o número de viagens a domicílio é calculado como uma média ponderada em função da população de cada zona e das médias da frota e entregas médias por dia (neste caso os veículos podem se referir a veículos utilitários, Kombi, Van etc.). O modelo considera uma hipótese simplificada (viagens de veículos de carga em função da população), e isto é devido à falta de dados. A rigor deveria ser considerada a estrutura da renda da população para o cálculo das viagens de veículos de carga.

Finalmente, definem-se as seguintes variáveis que representam as viagens produzidas e atraídas para cada tipo de viagem:

$O_i^k$ : Viagens de veículos de carga dos atacadistas produzidas desde o tipo de varejista  $k$  (ver tabela 8) na zona  $i$ ;

$D_j^k$ : Viagens de veículos de carga dos atacadistas atraídas desde o tipo de varejista  $k$  (ver tabela 8) na zona  $j$ ;

$O_i^H$ : Viagens de veículos de carga dos varejistas produzidas desde a zona  $i$ ;

$D_j^H$ : Viagens de veículos de carga dos varejistas atraídas desde a zona  $j$ .

Definidas as variáveis, podem ser escritas as seguintes equações do Modelo de Geração (ver Tabela 9). As viagens de tipo B2H não apresentam o índice  $k$  devido somente alguns estabelecimentos varejistas (da Tabela 8) realizarem entregas domiciliares, por exemplo, as Lojas de Moveis e Loja de Eletronic./Eletrodomésticos principalmente.

Tabela 9 – Equações do Modelo de Geração para veículos de carga

<b>Tipo de Viagens (ou entregas)</b>	<b>Equação</b>
Atacadista-Varejista (B2B)	$O_i^k = D_j^k = X_i^k + Y_i^k$
Varejista - Domicilio (B2H)	$O_i^H = D_j^H$

Para aplicar o modelo, primeiro, definiu-se um tamanho da amostra dos estabelecimentos comerciais para cada município da RMRJ. Para o caso dos varejistas apenas foi realizada pesquisa em cinco municípios que são Rio de Janeiro, Duque de Caxias, Niterói, Nova Iguaçu e São Gonçalo, pois a quantidade total de varejistas presentes nestes municípios representa 80% do total da RMRJ. Para o caso dos atacadistas, foi realizada pesquisa apenas nos municípios Rio de Janeiro e Duque de Caxias, os quais contem 70% do total da RMRJ. A seguir, se mostra o resumo das pesquisas em relação ao tamanho da amostra:

- Rio de Janeiro: Tamanho da amostra para varejistas, 356; pesquisas feitas em 552. Tamanho da amostra para atacadistas, 40; pesquisas feitas 41;
- Duque de Caxias: Tamanho da amostra para varejistas, 100; pesquisas feitas em 106. Tamanho da amostra para atacadistas, 18; pesquisas feitas em 6;
- Nova Iguaçu: Tamanho da amostra para varejistas, 97; pesquisas feitas em 100;
- São Gonçalo: Tamanho da amostra para varejistas, 89; pesquisas feitas em 104;
- Niterói: Tamanho da amostra para varejistas, 67; pesquisas feitas em 105.

A seguir se mostra os resultados da modelagem, onde foram acumuladas as viagens por município da RMRJ, estes resultados servirão como base para estimar as matrizes OD de veículos de carga.

Na Tabela 10 e Figura 24 observa-se que mais de 50% das viagens estão dentro do município do Rio de Janeiro e que mais dos 80% das viagens ficam dentro dos municípios de Rio de Janeiro (55%), Duque de Caxias (8%), São Gonçalo (8%), Nova Iguaçu (6%) e Niterói (4%). O que é coerente devido ao fato de que nesses cinco municípios é que se tem a maior concentração de estabelecimentos comerciais (viagens do tipo B2B) e de população (viagens do tipo B2H).

Tabela 10 – Resultados do Modelo de Geração para veículos de carga  
(viagens acumuladas por município)

<b>Município</b>	<b>Total de Viagens B2B</b>	<b>Total de Viagens B2H</b>	<b>Total de Viagens por Dia</b>	<b>Prop (%)</b>	<b>Prop Acum(%)</b>
Rio de Janeiro	46.454	105.061	151.515	54,5	54,5
Duque De Caxias	8.072	14.213	22.285	8,0	62,5
São Gonçalo	4.451	16.618	21.069	7,6	70,1
Nova Iguaçu	4.378	13.236	17.614	6,3	76,4
Niterói	3.192	8.104	11.296	4,1	80,5
São João De Meriti	3.302	7.624	10.927	3,9	84,4
Belford Roxo	2.043	7.801	9.844	3,5	88,0
Magé	1.230	3.779	5.009	1,8	89,8
Itaboraí	1.155	3.624	4.779	1,7	91,5
Mesquita	857	2.799	3.655	1,3	92,8
Nilópolis	849	2.617	3.466	1,2	94,1
Queimados	717	2.293	3.010	1,1	95,1
Itaguaí	1.062	1.813	2.875	1,0	96,2
Maricá	738	2.119	2.857	1,0	97,2
Japeri	434	1.587	2.021	0,7	97,9
Seropédica	509	1.300	1.809	0,7	98,6
Guapimirim	321	856	1.177	0,4	99,0
Paracambi	305	783	1.089	0,4	99,4
Mangaratiba	317	606	923	0,3	99,7
Tanguá	252	511	763	0,3	100,0
<b>Total Geral</b>	<b>80.638</b>	<b>197.343</b>	<b>277.981</b>	<b>100,0</b>	

Fonte: Consórcio HALCROW - SINERGIA – SETEPLA (2013c)

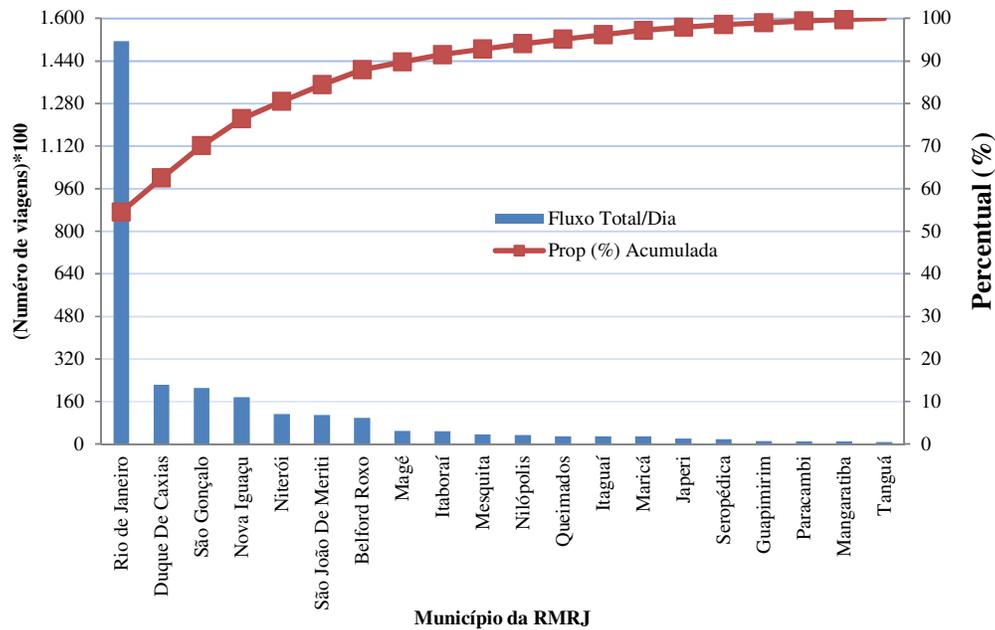


Figura 24 – Percentual das viagens de veículos de carga acumuladas por município da RMRJ

No seguinte capítulo apresenta-se o enfoque da *City Logistics*, que é utilizado para estudos e planejamentos com relação ao transporte de cargas e distribuição de mercadorias em grandes cidades. O enfoque da *City Logistics* é útil neste trabalho para conseguir compreender as difíceis relações entre os “participantes” presentes no transporte e circulação de veículos de carga na RMRJ.