

PTR-5732

Análise e Avaliação de
Sistemas de Transportes

*Modelos para o Planejamento
Estratégico dos Transportes*

Orlando Strambi

Planejamento Estratégico de Transportes

- Foco
 - longo prazo
 - abrangência regional
 - todos os modos (e sua “competição”)
 - oferta e demanda
 - estrutura dos sistemas
 - transporte: infra-estrutura (e serviços)
 - urbano (uso do solo)

Planejamento Estratégico de Transportes

- Sistemas de Transportes
 - demanda e oferta
- Demanda por transporte urbano
 - pessoas – análise de comportamento humano
- Oferta de transporte urbano
 - vias, veículos, serviços – análise técnica

Planejamento Estratégico de Transportes

- Objetivos do Planejamento Estratégico
 - prever necessidades futuras
 - avaliar alternativas de sistemas de transporte mais adequadas
- Pressuposto importante
 - sistema urbano é dado
 - uso do solo
- Quais as perguntas do Planejamento Estratégico?
 - estrutura e organização de sistemas de transportes

Planejamento Estratégico de Transportes

- Estruturação e organização de redes
 - onde implantar/ampliar vias/linhas/serviços?
 - qual o modo/tecnologia de transporte?
 - quais as características das principais interseções?
 - qual a localização de estações/terminais?
 - como integrar sistemas/linhas?
 - como dividir o espaço viário de superfície?
 - como fixar preços pelo uso da infraestrutura e serviços?

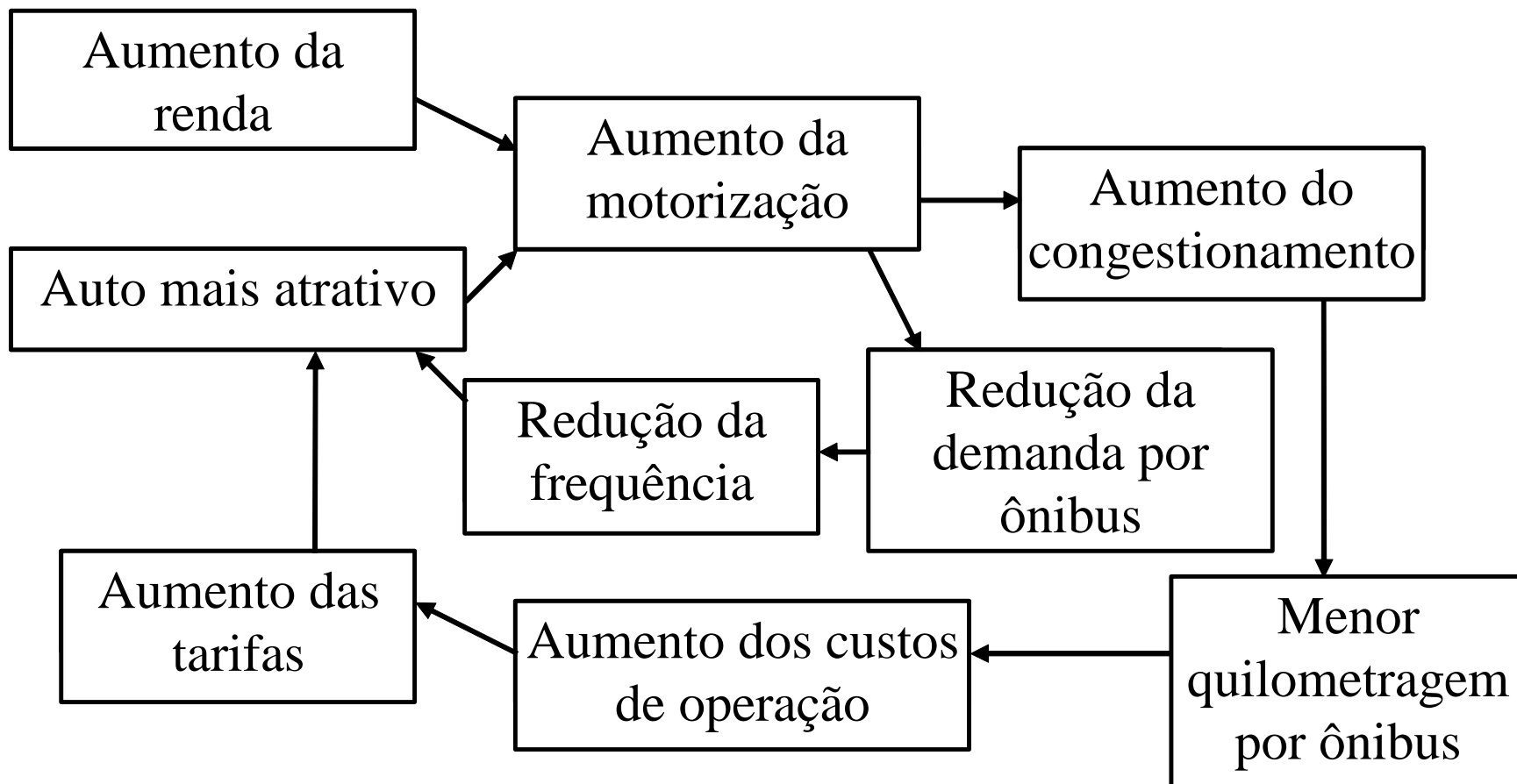
Planejamento Estratégico de Transportes

- Por que planejar transportes?
 - *“To act upon a visible transport problem is, by definition, too late”* (Ortúzar & Willumsen, 2001)
 - Necessidade de pensar antecipadamente
 - Prazos longos da concepção à implementação

Planejamento Estratégico de Transportes

- Por que planejar transportes?
 - Investimentos elevados
 - Amplo espectro de impactos
 - Relação com desenvolvimento econômico
 - Relação com qualidade de vida
 - Círculos viciosos/externalidades

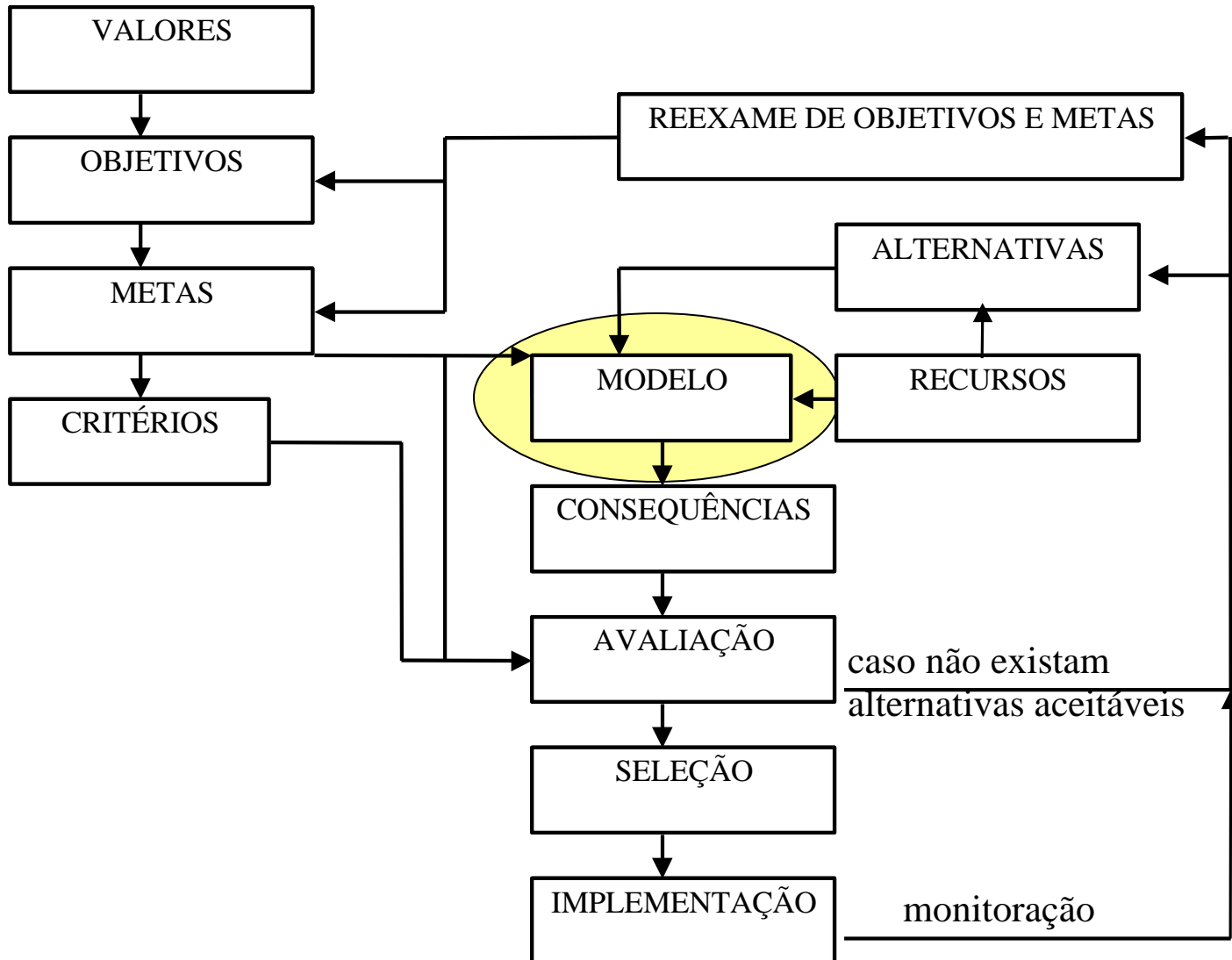
Círculo Vicioso



Modelagem para o Planejamento Estratégico de Transportes

- Enfoque sistêmico e o papel dos modelos
 - objetivos/metas
 - geração de alternativas
 - análise de alternativas – *modelos*
 - seleção de alternativas – *avaliação*
 - implementação e monitoração
 - *planejamento contínuo*

Enfoque Sistêmico



Modelagem para o Planejamento Estratégico de Transportes

- Abordagem Tradicional
 - “Modelo” 4 etapas
 - geração de viagens
 - distribuição de viagens
 - escolha modal
 - alocação de viagens

Planejamento Estratégico de Transportes

- Demanda X Atividades
 - Características sócio-demográficas e econômicas da população
 - participação em atividades
 - *geração de viagens*
 - Uso do solo – distribuição das oportunidades
 - caracterização espacial da demanda
 - *distribuição de viagens*

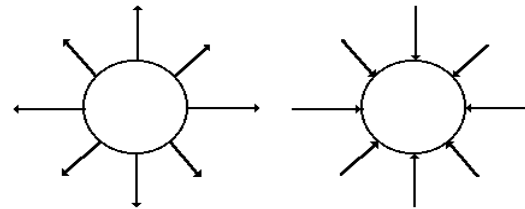
Planejamento Estratégico de Transportes

- Demanda X Qualidade (da oferta)
 - competição entre modos – *escolha modal*
 - transporte coletivo X transporte individual
 - modos únicos X combinações de modos
 - competição entre rotas – *alocação de viagens*
 - requer modelo da oferta – rede de transportes

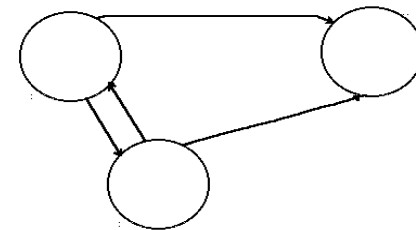
Planejamento Estratégico de Transportes

- Equilíbrio
 - demanda é função da qualidade (da oferta)
 - qualidade (da oferta) é função da demanda
- Comportamento individual X demanda agregada
 - modelos agregados x desagregados
 - qualidade da teoria x qualidade dos dados

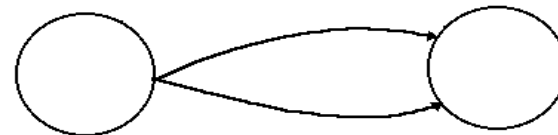
- Geração de Viagens: totais de viagens em cada área/zona de tráfego



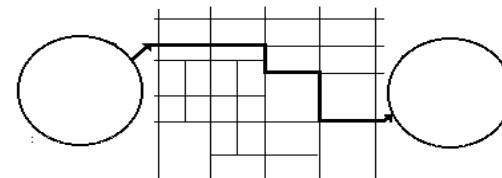
- Distribuição de viagens: interação espacial



- Escolha Modal: interação com oferta de transporte



- Alocação de viagens: utilização da rede de transportes

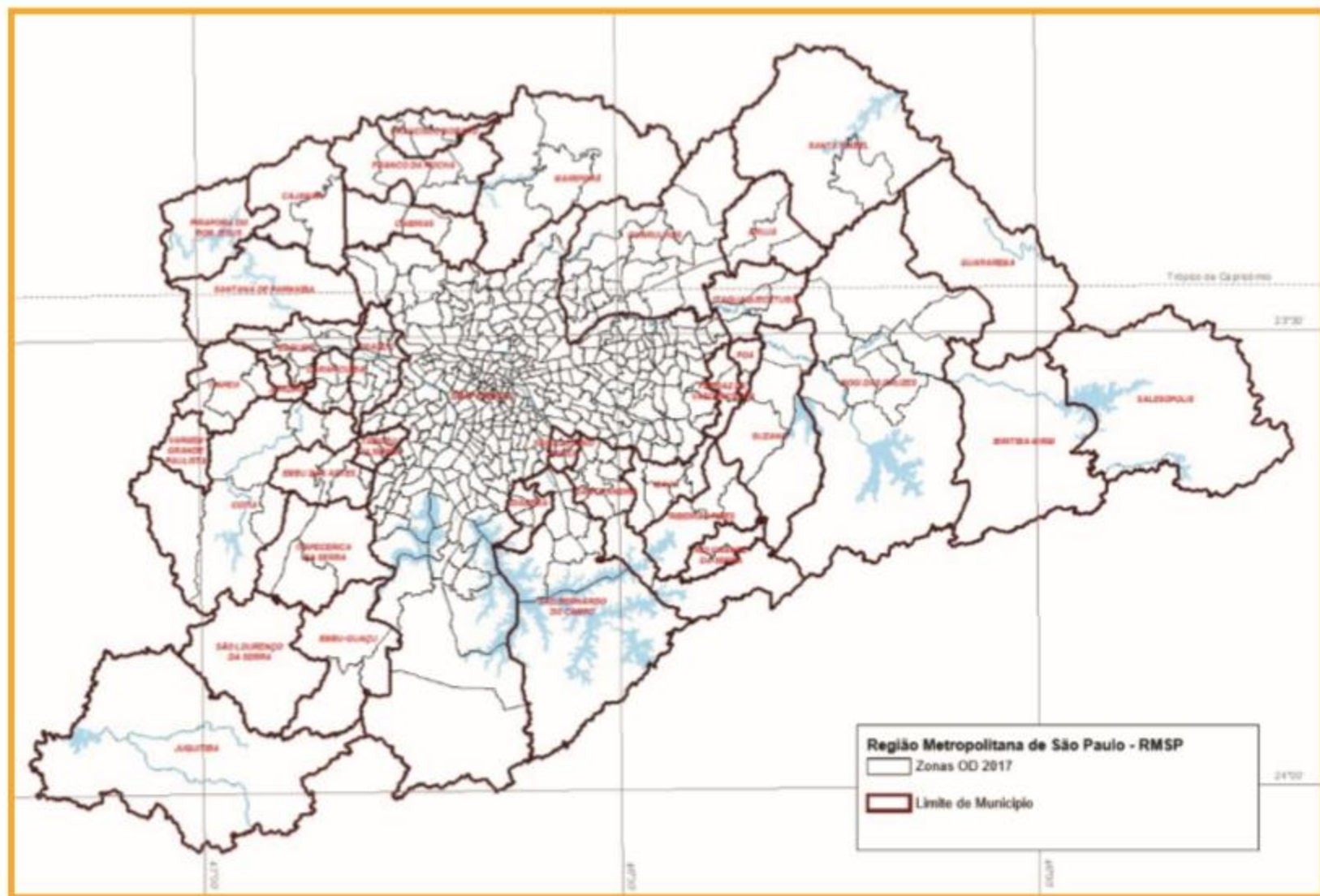


Modelagem para o Planejamento Estratégico de Transportes

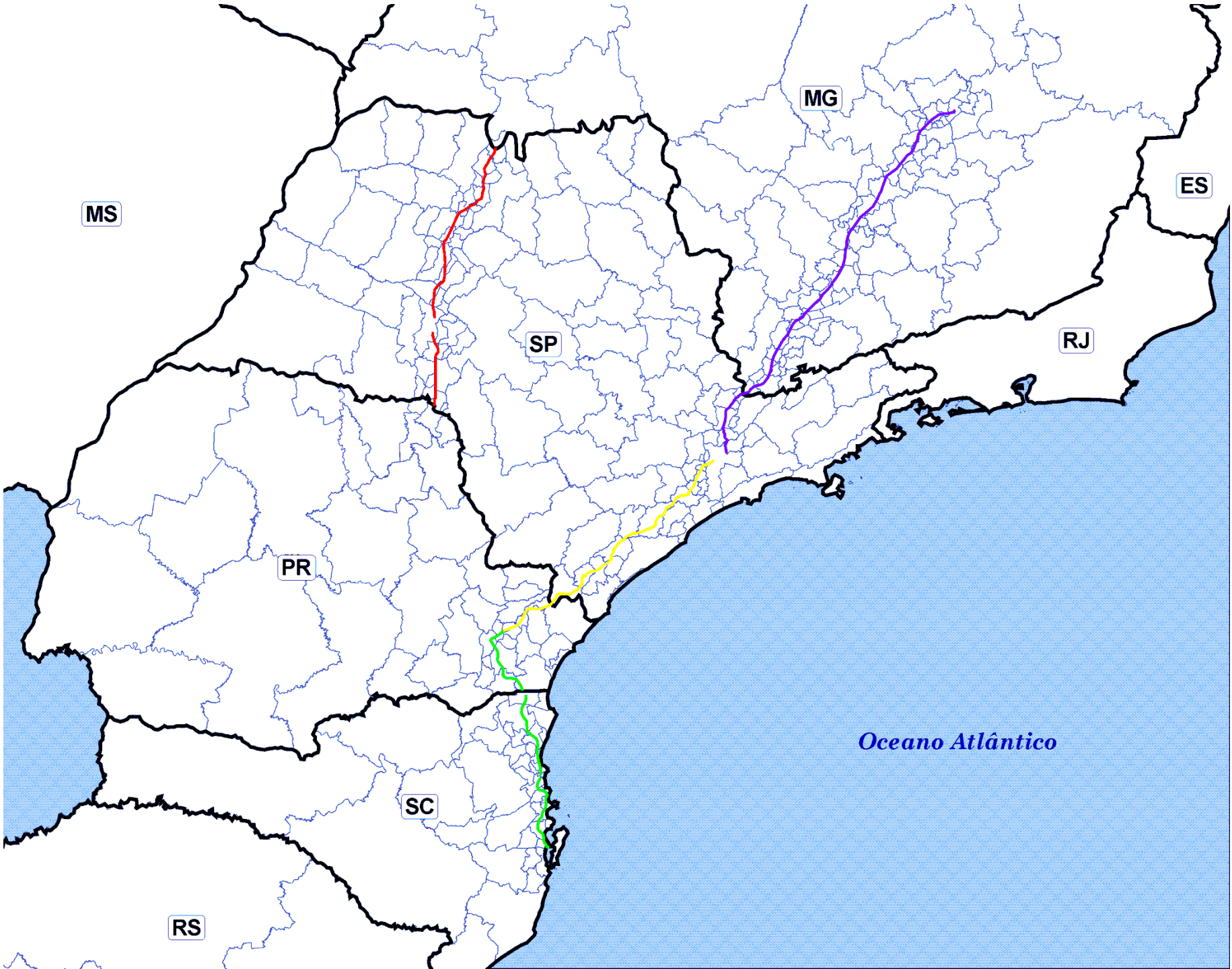
- Representação da demanda
 - Viagens
 - o que é uma viagem?
 - deslocamento de uma pessoa, por motivo (atividade) específico, entre dois pontos determinados (origem e destino), utilizando, para isso, um ou mais modos de transporte.

Modelagem para o Planejamento Estratégico de Transportes

- Segmentação da demanda
 - por motivo/atividade
 - por período
 - por modo de transporte
 - por tipo de usuário
 - por origem e destino
 - zoneamento
 - matrizes origem-destino de viagens







MS

MG

ES

SP

RJ

PR

SC

RS

Oceano Atlântico

Representação espacial da demanda

$\begin{matrix} D \\ O \end{matrix}$	1	n	n+1	...	z
1	VIAGENS INTERNAS				VIAGENS EXTERNAS (SAIDAS)		
\vdots							
\vdots							
\vdots							
n	VIAGENS EXTERNAS (ENTRADAS)				VIAGENS ATRAVÉS		
n+1							
\vdots							
z							

bloco 3

nome da pessoa _____

dia da semana

zona

subzona

domicílio i

d.c.

nº da família

nº da pessoa

nº da viagem

<p>1. Em que lugar estava quando iniciou esta viagem?(origem)</p> <p>endereço 1 _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>bairro/cidade _____</p> <p>referência/ esquina _____</p> <p style="text-align: right;">zona</p> <input type="text"/>	<p>3. Por que estava no endereço 1?</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>de</th> <th>motivo</th> <th>para</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>01</td><td>trabalho/indústria</td><td>01</td></tr> <tr><td>02</td><td>trabalho/comércio</td><td>02</td></tr> <tr><td>03</td><td>trabalho/serviços</td><td>03</td></tr> <tr><td>04</td><td>escola/educação</td><td>04</td></tr> <tr><td>05</td><td>compras</td><td>05</td></tr> <tr><td>06</td><td>médico/dentista/saúde</td><td>06</td></tr> <tr><td>07</td><td>recreação/visitas/lazer</td><td>07</td></tr> <tr><td>08</td><td>residência</td><td>08</td></tr> <tr><td>09</td><td>procurar emprego</td><td>09</td></tr> <tr><td>10</td><td>assuntos pessoais</td><td>10</td></tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">5. Serviu passageiro?</p> <p>no endereço 1 no endereço 2</p> <input type="text"/> 1. sim <input type="text"/> 2. não	de	motivo	para	01	trabalho/indústria	01	02	trabalho/comércio	02	03	trabalho/serviços	03	04	escola/educação	04	05	compras	05	06	médico/dentista/saúde	06	07	recreação/visitas/lazer	07	08	residência	08	09	procurar emprego	09	10	assuntos pessoais	10	<p>4. Por que foi para o endereço 2?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p style="text-align: center;">5. Serviu passageiro?</p> <p>no endereço 1 no endereço 2</p> <input type="text"/> 1. sim <input type="text"/> 2. não	<p>6. Quais conduções utilizou para chegar no endereço 2?</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>modo</th> <th>m1</th> <th>m2</th> <th>m3</th> <th>m4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>ônibus município S.Paulo</td><td>01</td><td>01</td><td>01</td><td>01</td></tr> <tr><td>ônibus outros municípios</td><td>02</td><td>02</td><td>02</td><td>02</td></tr> <tr><td>ônibus metropolitana</td><td>03</td><td>03</td><td>03</td><td>03</td></tr> <tr><td>ônibus fretado</td><td>04</td><td>04</td><td>04</td><td>04</td></tr> <tr><td>escolar</td><td>05</td><td>05</td><td>05</td><td>05</td></tr> <tr><td>dirigindo automóvel</td><td>06</td><td>06</td><td>06</td><td>06</td></tr> <tr><td>passageiro de auto</td><td>07</td><td>07</td><td>07</td><td>07</td></tr> <tr><td>táxi</td><td>08</td><td>08</td><td>08</td><td>08</td></tr> <tr><td>microônibus/van município S.Paulo</td><td>09</td><td>09</td><td>09</td><td>09</td></tr> <tr><td>microônibus/van outros municípios</td><td>10</td><td>10</td><td>10</td><td>10</td></tr> <tr><td>microônibus/van metropolitana</td><td>11</td><td>11</td><td>11</td><td>11</td></tr> <tr><td>metrô</td><td>12</td><td>12</td><td>12</td><td>12</td></tr> <tr><td>trem</td><td>13</td><td>13</td><td>13</td><td>13</td></tr> <tr><td>moto</td><td>14</td><td>14</td><td>14</td><td>14</td></tr> <tr><td>bicicleta</td><td>15</td><td>15</td><td>15</td><td>15</td></tr> <tr><td>a pé</td><td>16</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>outros</td><td>17</td><td>17</td><td>17</td><td>17</td></tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">m1 m2 m3 m4</p> <input type="text"/>	modo	m1	m2	m3	m4	ônibus município S.Paulo	01	01	01	01	ônibus outros municípios	02	02	02	02	ônibus metropolitana	03	03	03	03	ônibus fretado	04	04	04	04	escolar	05	05	05	05	dirigindo automóvel	06	06	06	06	passageiro de auto	07	07	07	07	táxi	08	08	08	08	microônibus/van município S.Paulo	09	09	09	09	microônibus/van outros municípios	10	10	10	10	microônibus/van metropolitana	11	11	11	11	metrô	12	12	12	12	trem	13	13	13	13	moto	14	14	14	14	bicicleta	15	15	15	15	a pé	16				outros	17	17	17	17	<p>7. A que horas saiu do endereço 1?</p> <p>hora da saída</p> <p>hora minutos</p> <input type="text"/>	<p>9. Quanto tempo andou do endereço 1 até a 1ª condução?</p> <p>tempo andando</p> <p>minutos</p> <input type="text"/>
de	motivo	para																																																																																																																														
01	trabalho/indústria	01																																																																																																																														
02	trabalho/comércio	02																																																																																																																														
03	trabalho/serviços	03																																																																																																																														
04	escola/educação	04																																																																																																																														
05	compras	05																																																																																																																														
06	médico/dentista/saúde	06																																																																																																																														
07	recreação/visitas/lazer	07																																																																																																																														
08	residência	08																																																																																																																														
09	procurar emprego	09																																																																																																																														
10	assuntos pessoais	10																																																																																																																														
modo	m1	m2	m3	m4																																																																																																																												
ônibus município S.Paulo	01	01	01	01																																																																																																																												
ônibus outros municípios	02	02	02	02																																																																																																																												
ônibus metropolitana	03	03	03	03																																																																																																																												
ônibus fretado	04	04	04	04																																																																																																																												
escolar	05	05	05	05																																																																																																																												
dirigindo automóvel	06	06	06	06																																																																																																																												
passageiro de auto	07	07	07	07																																																																																																																												
táxi	08	08	08	08																																																																																																																												
microônibus/van município S.Paulo	09	09	09	09																																																																																																																												
microônibus/van outros municípios	10	10	10	10																																																																																																																												
microônibus/van metropolitana	11	11	11	11																																																																																																																												
metrô	12	12	12	12																																																																																																																												
trem	13	13	13	13																																																																																																																												
moto	14	14	14	14																																																																																																																												
bicicleta	15	15	15	15																																																																																																																												
a pé	16																																																																																																																															
outros	17	17	17	17																																																																																																																												
<p>2. Saiu para ir onde? Em que endereço?(destino)</p> <p>endereço 2 _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>bairro/cidade _____</p> <p>referência/ esquina _____</p> <p style="text-align: right;">zona</p> <input type="text"/>	<p>_____</p> <p>_____</p> <p style="text-align: center;">5. Serviu passageiro?</p> <p>no endereço 1 no endereço 2</p> <input type="text"/> 1. sim <input type="text"/> 2. não	<p>_____</p> <p>_____</p> <p style="text-align: center;">5. Serviu passageiro?</p> <p>no endereço 1 no endereço 2</p> <input type="text"/> 1. sim <input type="text"/> 2. não	<p>8. A que horas chegou no endereço 2?</p> <p>hora da chegada</p> <p>hora minutos</p> <input type="text"/>	<p>10. Quanto tempo andou da última condução até o endereço 2?</p> <p>tempo andando</p> <p>minutos</p> <input type="text"/>																																																																																																																												
<p>11. Em que locais mudou de condução?</p> <p>1º _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>2º _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>3º _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	<p>12. Se usou transporte coletivo, quem pagou a viagem?</p> <p>1. você/sua família</p> <p>2. patrão</p> <p>3. isento</p> <p>4. outros</p> <input type="text"/>	<p>13. Se dirigiu automóvel, que tipo de estacionamento utilizou?</p> <p>1. não estacionou</p> <p>2. zona azul/marrom</p> <p>3. patrocinado</p> <p>4. próprio</p> <p>5. meio-fio</p> <p>6. avulso</p> <p>7. mensal</p> <p>8. não respondeu</p> <input type="text"/>	<p>14. Se pagou o estacionamento, quanto gastou?</p> <p>valor (reais)</p> <input type="text"/>	<p>15. Por que viajou a pé ou de bicicleta?</p> <p>1. pequena distância</p> <p>2. condução cara</p> <p>3. ponto/estação distante</p> <p>4. condução demora para passar</p> <p>5. viagem demorada</p> <p>6. condução lotada</p> <p>7. atividade física</p> <p>8. outros motivos</p> <input type="text"/>																																																																																																																												
				<p>16. Se viajou de bicicleta, onde guardou?</p> <p>1. bicicletário gratuito</p> <p>2. bicicletário pago</p> <p>3. local privado</p> <p>4. rua / local público</p> <p>5. outros</p> <input type="text"/>																																																																																																																												

DADOS GLOBAIS

Região Metropolitana de São Paulo – 1967 a 2017

VARIÁVEIS	1967	1977	1987	1997	2007	2017
POPULAÇÃO MILHARES DE HABITANTES	7.097	10.276	14.248	16.792	19.535	20.822
TOTAL DE VIAGENS MILHARES/DIA	-	21.304	29.400	31.432	38.094	42.007
VIAGENS MOTORIZADAS MILHARES/DIA	7.187	15.263	18.642	20.458	25.167	28.280
FROTA DE AUTOS PARTICULARES MILHARES	493	1.392	2.014	3.092	3.601	4.423
ÍNDICE DE MOBILIDADE TOTAL ¹	-	2,07	2,06	1,87	1,95	2,02
ÍNDICE DE MOBILIDADE MOTORIZADA ²	1,01	1,49	1,31	1,22	1,29	1,36
TAXA DE MOTORIZAÇÃO ³	70	135	141	184	184	212
EMPREGOS MILHARES	-	3.758	5.647	6.959	9.066	9.367
MATRÍCULAS ESCOLARES MILHARES	1.088	2.506	3.676	5.011	5.251	5.487

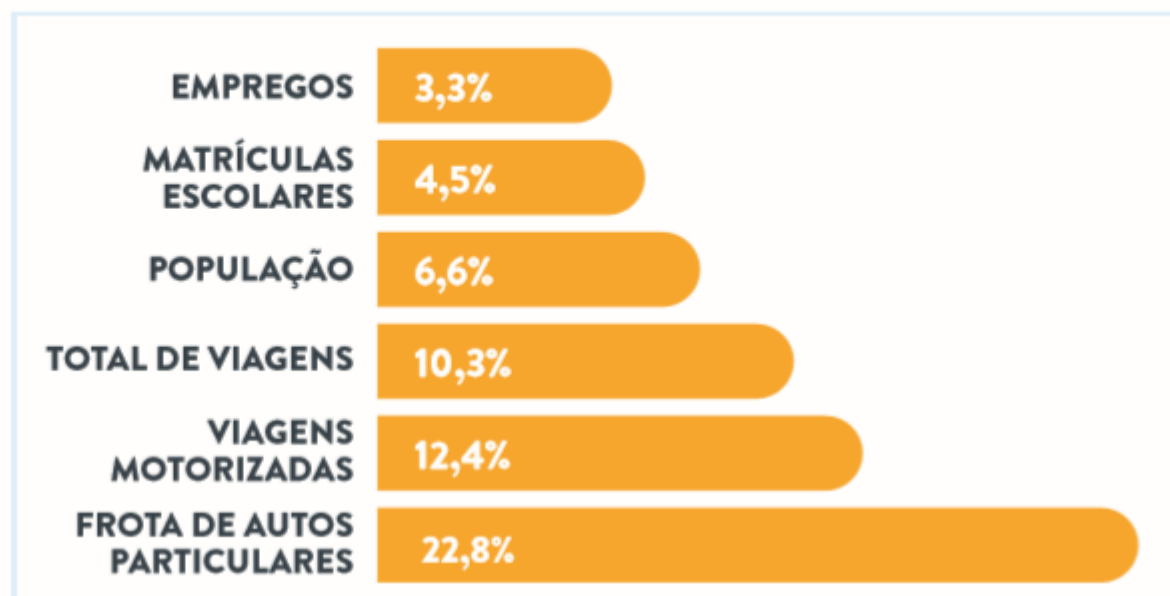
Fonte: Metrô-Pesquisa OD 1967, 1977, 1987, 1997, 2007 e 2017.

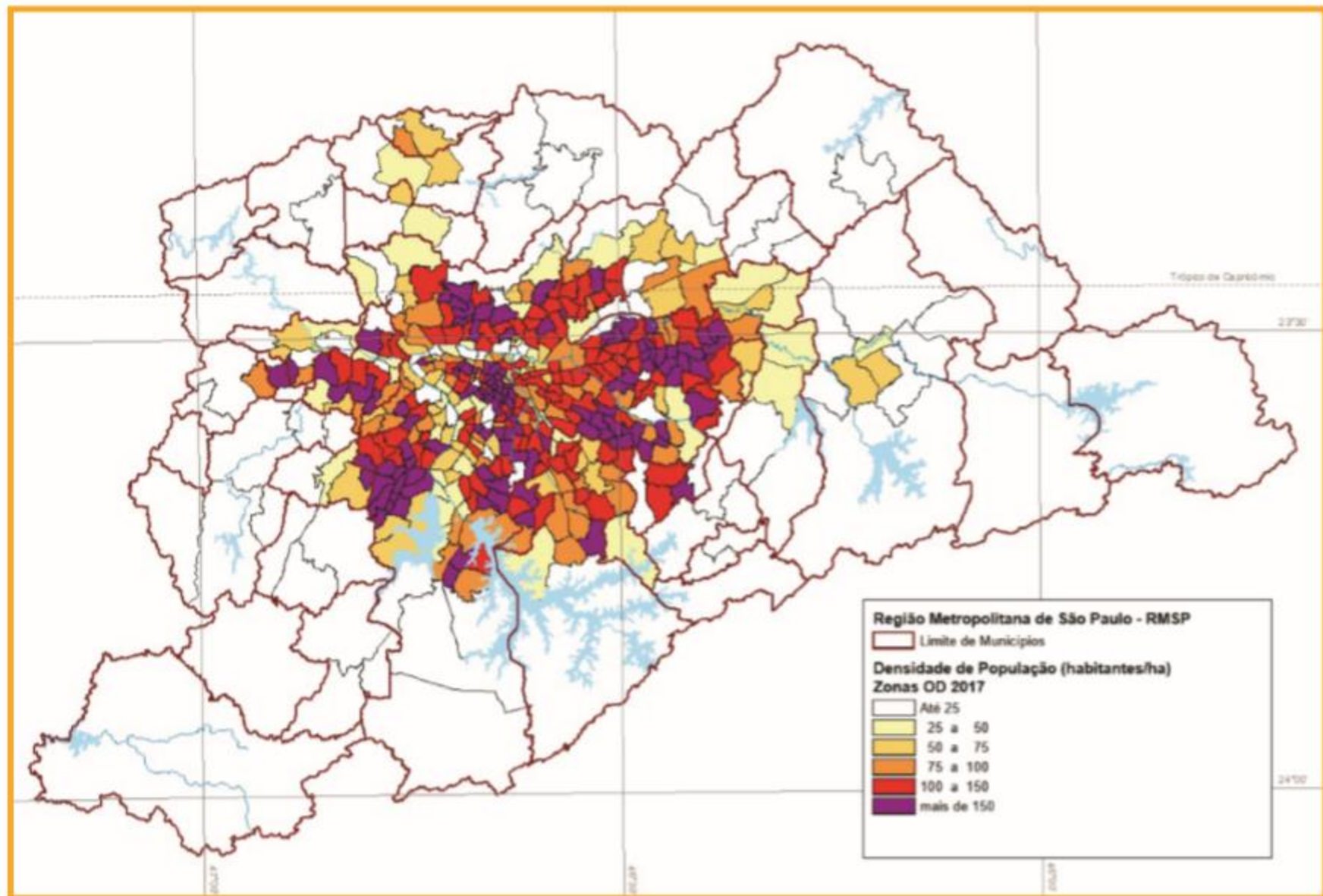
¹ Índice de Mobilidade Total: número de viagens totais por habitante

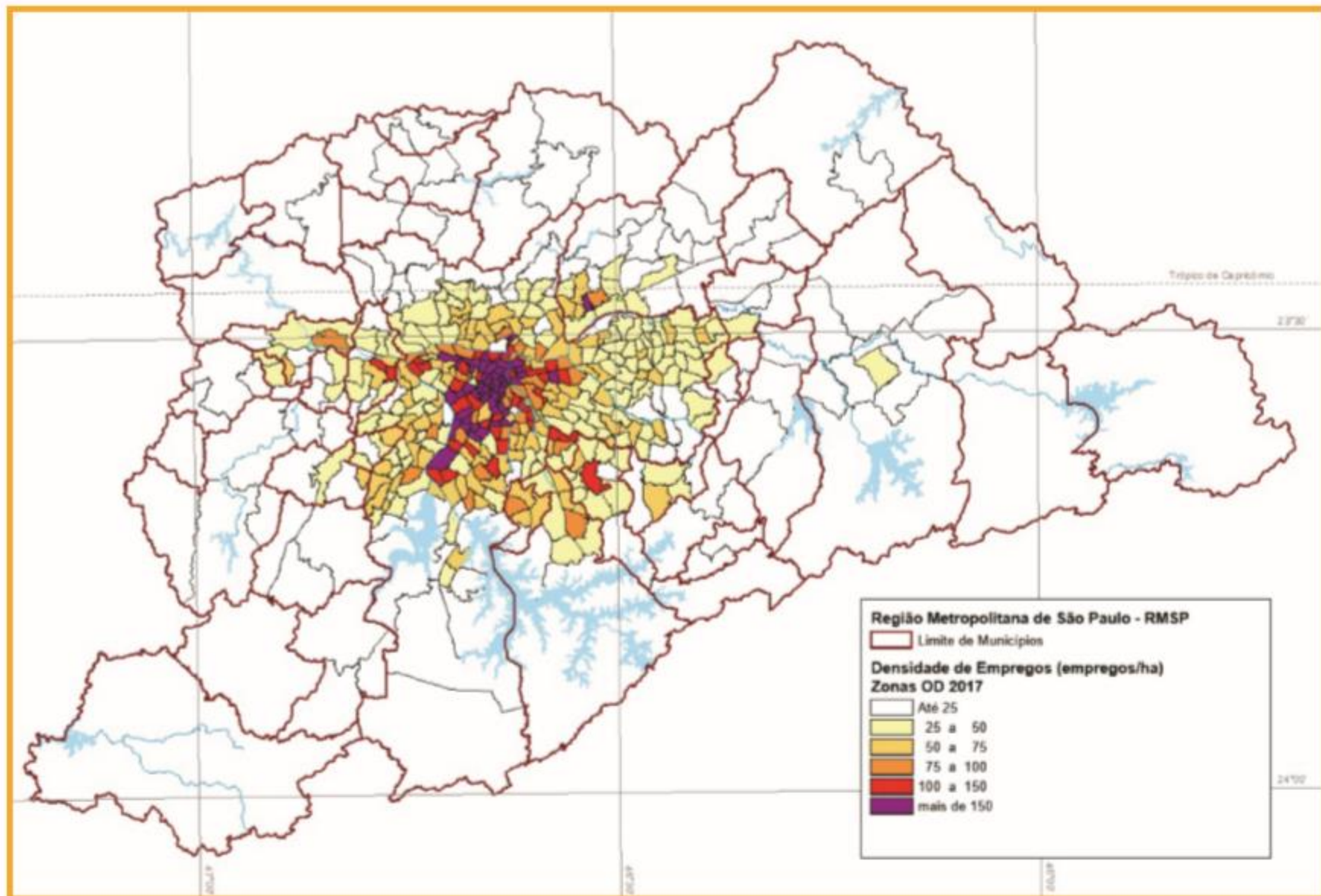
² Índice de Mobilidade Motorizada: número de viagens motorizadas por habitante

³ Taxa de Motorização: número de automóveis particulares por 1.000 habitantes
(automóveis em posse das famílias, excluídos autos pertencentes a empresas, táxis e ônibus)

TAXA DE CRESCIMENTO DAS PRINCIPAIS VARIÁVEIS – 2007 a 2017







POSSE DE AUTOMÓVEIS PARTICULARES NAS FAMÍLIAS

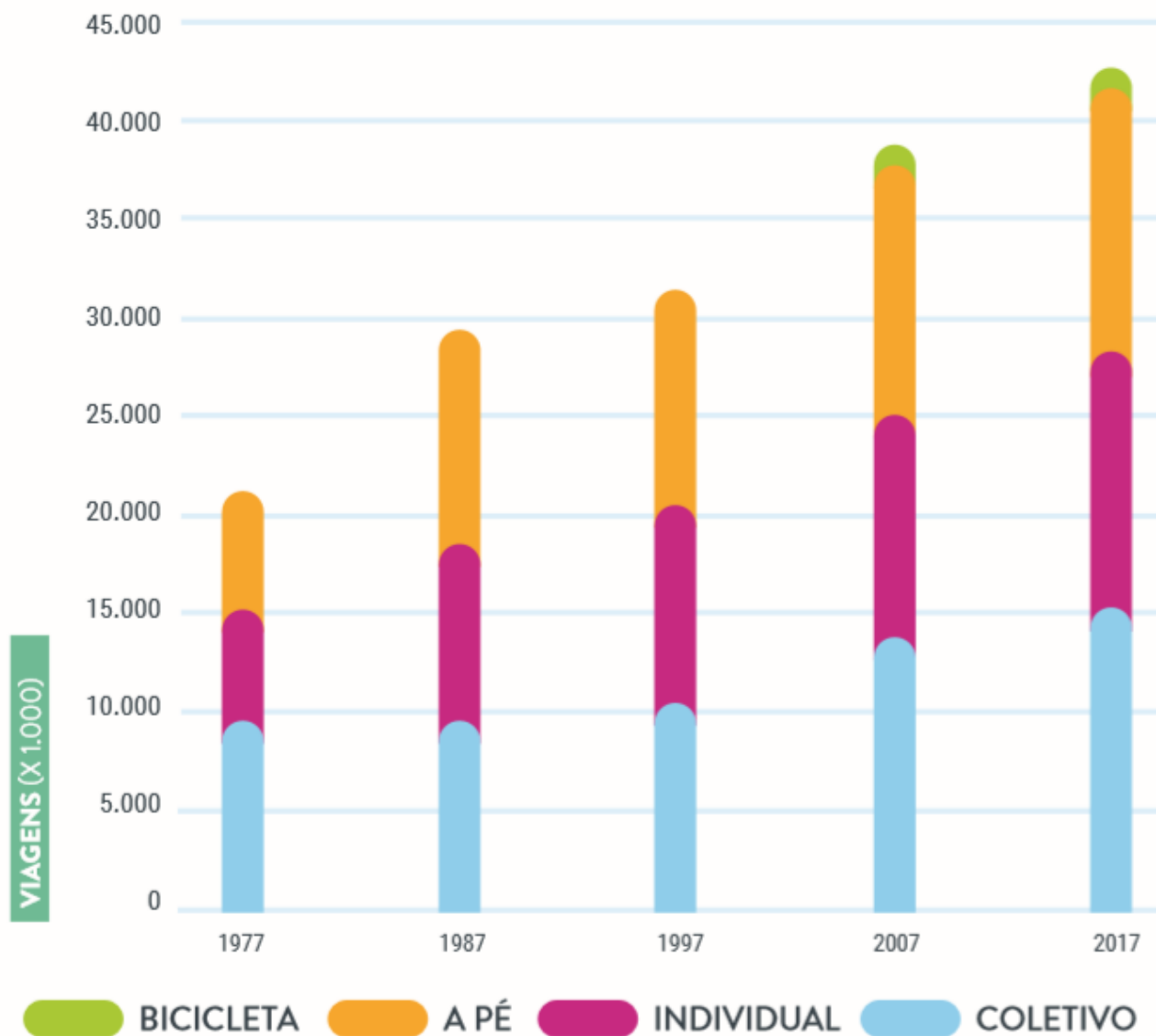
Região Metropolitana de São Paulo

2017

SUB-REGIÃO DE RESIDÊNCIA ^(*)	POSSE DE AUTO NA FAMÍLIA (%)			TOTAL	FAMÍLIAS (x 1.000)
	NENHUM	1 AUTO	2 OU MAIS		
SUDOESTE	46,8	44,7	8,5	100,0	263
OESTE	42,3	47,6	10,1	100,0	686
NORTE	49,9	45,2	4,9	100,0	188
NORDESTE	46,8	45,6	7,6	100,0	473
LESTE	53,9	39,0	7,0	100,0	464
SUDESTE	44,1	44,9	11,0	100,0	903
CENTRO	47,8	43,0	9,3	100,0	4.007
TOTAL	47,1%	43,7%	9,2%	100,0%	6.984

EVOLUÇÃO DAS VIAGENS DIÁRIAS POR MODO

Região Metropolitana de São Paulo – 1977 a 2017



COMPOSIÇÃO DAS VIAGENS

 2017
 2007

42,0 MILHÕES
38,1 MILHÕES
DE VIAGENS POR DIA



28,3 MILHÕES
25,2 MILHÕES
DE VIAGENS
MOTORIZADAS



15,3 MILHÕES
13,9 MILHÕES
POR TRANSPORTE
COLETIVO



13,0 MILHÕES
11,3 MILHÕES
POR TRANSPORTE
INDIVIDUAL



17,3 MILHÕES
12,9 MILHÕES
DE VIAGENS NÃO
MOTORIZADAS



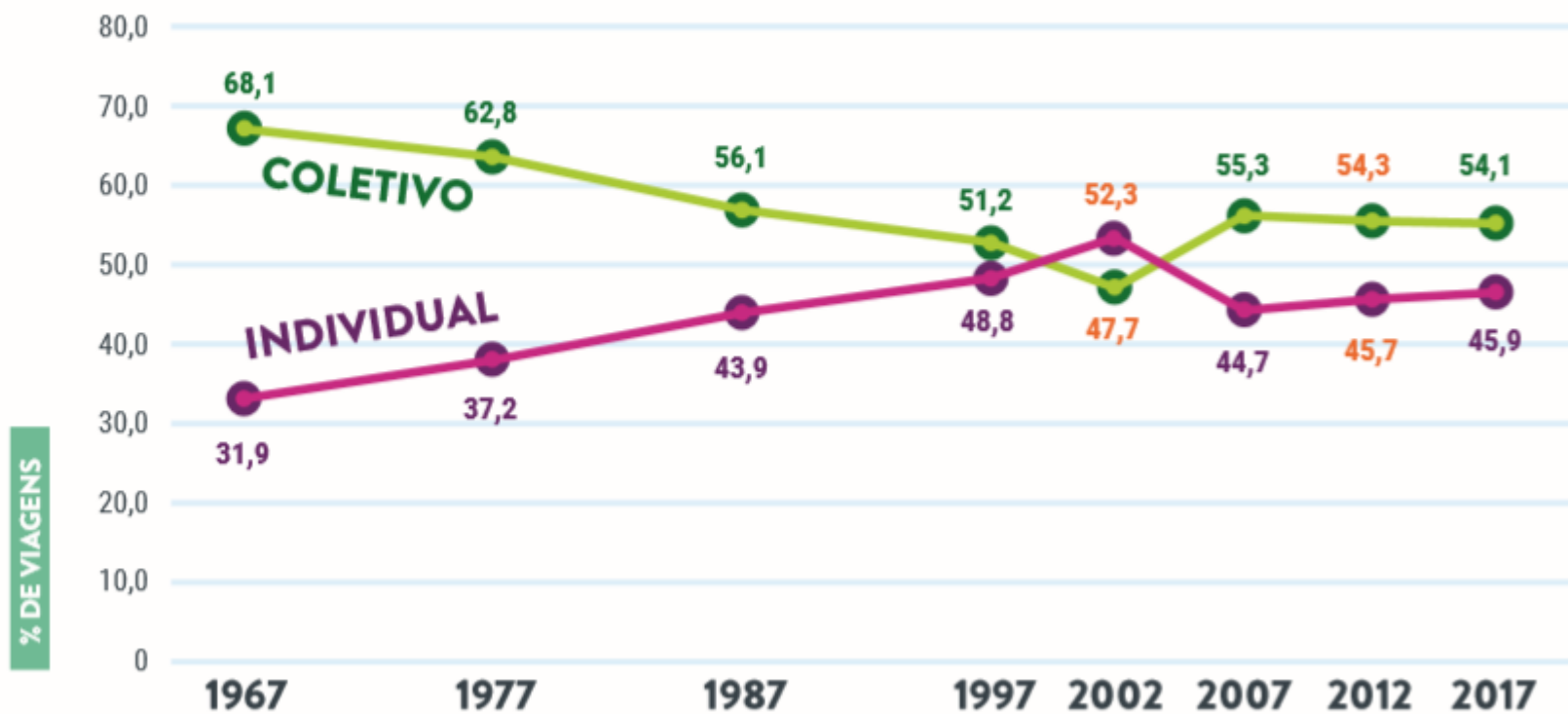
13,3 MILHÕES
12,6 MILHÕES
A PÉ



0,4 MILHÃO
0,3 MILHÃO
DE BICICLETA



DIVISÃO MODAL DAS VIAGENS MOTORIZADAS – 1967 a 2017



VIAGENS DIÁRIAS MOTORIZADAS POR MODO PRINCIPAL

Região Metropolitana de São Paulo – 2007 e 2017

MODO	VIAGENS 2007		VIAGENS 2017	
	(x 1.000)	%	(x 1.000)	%
METRÔ	2.223	8,8	3.400	12,0
TREM	815	3,2	1.245	4,4
ÔNIBUS	9.034	35,9	8.304	29,4
FRETADO	514	2,0	252	0,9
ESCOLAR	1.327	5,3	2.094	7,4
AUTO	10.381	41,2	11.341	40,1
TÁXI	91	0,4	468	1,7
MOTO	721	2,9	1.064	3,8
OUTROS	61	0,2	112	0,4
TOTAL	25.167	100,0	28.280	100,0

Fonte: Metrô-Pesquisas OD 2007 e 2017.

DETALHAMENTO DOS TRECHOS DE VIAGENS DIÁRIAS POR MODOS

Região Metropolitana de São Paulo – 2007 e 2017

MODO¹	2007 Viagens (x 1.000)	2017 Viagens (x 1.000)	% de variação 2017 / 2007
METRÔ	2.223	3.400	53
TREM	1.317	2.272	73
ÔNIBUS	11.124	11.591	4
FRETADO	629	352	-44
ESCOLAR	1.328	2.097	58
AUTO	10.556	11.583	10
TÁXI	102	507	397
MOTO	728	1.076	48
OUTROS	62	504	715

Fonte: Metrô-Pesquisas OD 2007 e 2017; Metrô/CPTM/Ônibus: dados operacionais

¹ Considerando os modos de transporte utilizados na mesma viagem sem hierarquia, somando todos os trechos para cada modo usado. A soma dos trechos de viagem por modo, nesta tabela, é maior que as viagens realizadas (42 milhões) porque cada viagem pode envolver até quatro modos de transporte.

VIAGENS DIÁRIAS POR MODO COLETIVO E NÚMERO DE TRANSFERÊNCIAS

Região Metropolitana de São Paulo

2017	VIAGENS POR NÚMERO DE TRANSFERÊNCIAS									
	NENHUMA		UMA		DUAS		TRÊS		TOTAL	
	(x 1.000)	%	(x 1.000)	%	(x 1.000)	%	(x 1.000)	%	(x 1.000)	%
METRÔ	576	16,94	1.652	48,59	972	28,59	200	5,88	3.400	100,00
TREM	260	20,88	749	60,16	229	18,39	7	0,56	1.245	100,00
ÔNIBUS	6.294	75,79	1.802	21,70	197	2,37	11	0,13	8.304	100,00
FRETADO	248	98,41	4	1,59	-	0,00	-	-	252	100,00
ESCOLAR	2.093	99,95	1	0,05	-	0,00	-	-	2.094	100,00
TOTAL	9.471	61,92	4.208	27,51	1.398	9,14	218	1,43	15.295	100,00

Fonte: Metrô-Pesquisas OD 2007 e 2017.

VIAGENS DIÁRIAS POR MODO E RENDA FAMILIAR MENSAL

Região Metropolitana de São Paulo

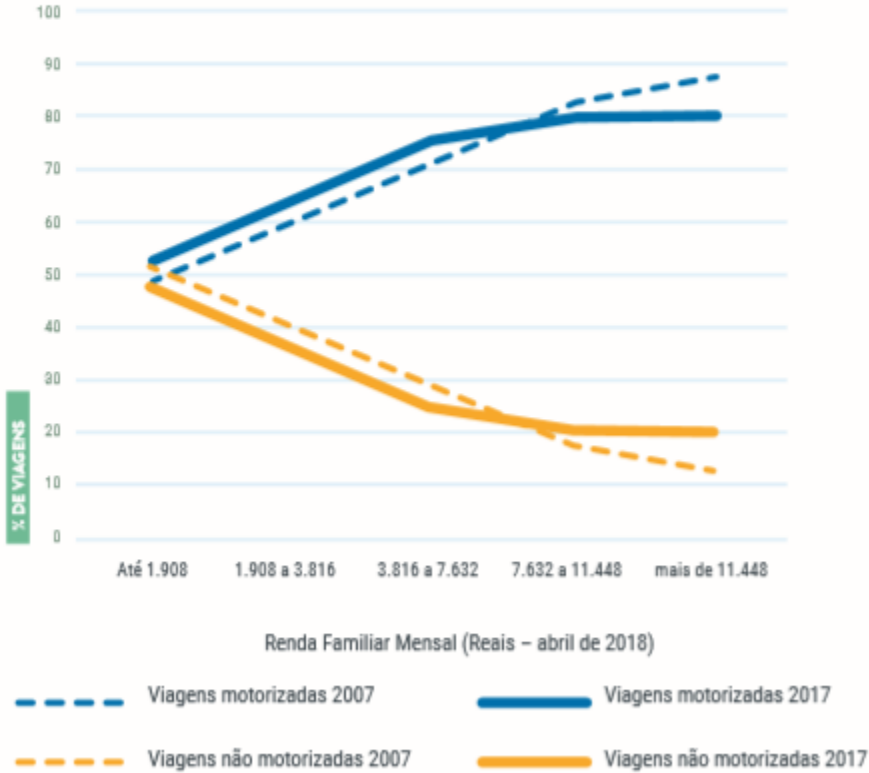
2017	VIAGENS POR RENDA FAMILIAR(*)													
	FAIXA**		1		2		3		4		5		TOTAL	
MODO	(x 1.000)	%	(x 1.000)	%	(x 1.000)	%	(x 1.000)	%	(x 1.000)	%	(x 1.000)	%	(x 1.000)	%
COLETIVO	2.817	72,7	7.583	62,4	3.904	44,1	644	32,6	347	24,2	15.295	54,1		
INDIVIDUAL	1.060	27,3	4.569	37,6	4.943	55,9	1.329	67,4	1.084	75,8	12.985	45,9		
MOTORIZADO	3.877	52,5	12.152	65,1	8.847	75,7	1.973	79,8	1.431	80,1	28.280	67,3		
NÃO MOTORIZADO	3.508	47,5	6.527	34,9	2.837	24,3	500	20,2	355	19,9	13.727	32,7		
TOTAL	7.385	100,0	18.679	100,0	11.684	100,0	2.473	100,0	1.786	100,0	42.007	100,0		

Fonte: Metrô-Pesquisas OD 2007 e 2017

(*) Em reais - abril de 2018

(**) **Faixa 1:** até 1.908 reais; **Faixa 2:** de 1.908 a 3.816 reais; **Faixa 3:** de 3.816 a 7.632 reais; **Faixa 4:** de 7.632 a 11.448 reais; **Faixa 5:** mais de 11.448 reais.

VIAGENS MOTORIZADAS E NÃO MOTORIZADAS POR FAIXA DE RENDA FAMILIAR - 2007 e 2017



DIVISÃO MODAL POR FAIXA DE RENDA FAMILIAR - 2007 e 2017



VIAGENS DIÁRIAS POR MODO E MOTIVO

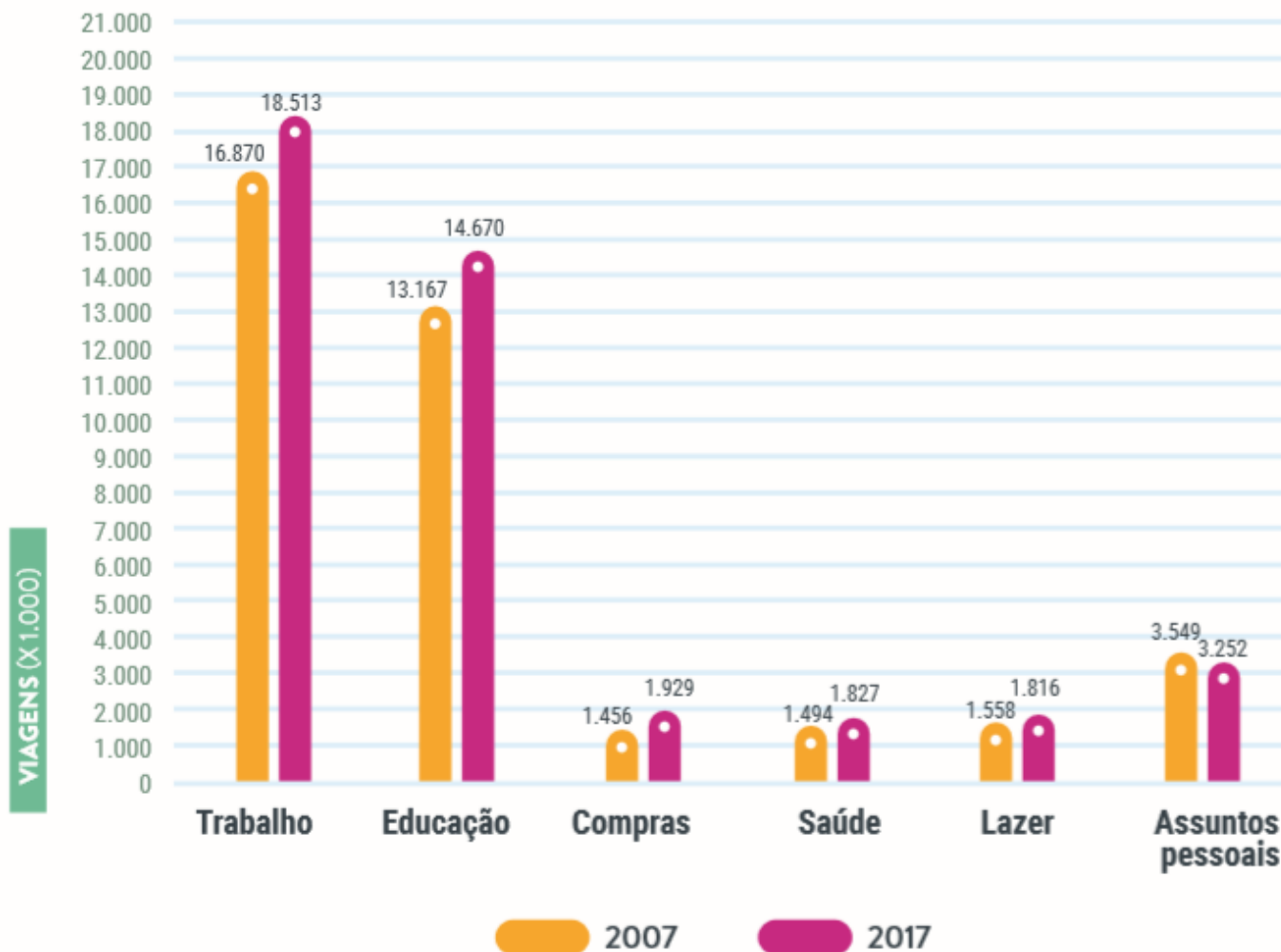
Região Metropolitana de São Paulo

2017	MOTIVO													
MODO	Trabalho		Educação		Compras		Saúde		Lazer		Assuntos Pessoais*		TOTAL	
	(x 1.000)	%	(x 1.000)	%	(x 1.000)	%	(x 1.000)	%	(x 1.000)	%	(x 1.000)	%	(x 1.000)	%
COLETIVO	7.682	54,5	4.556	59,8	583	41,4	892	55,3	485	35,9	1.097	50,0	15.295	54,1
INDIVIDUAL	6.410	45,5	3.068	40,2	824	58,6	721	44,7	865	64,1	1.097	50,0	12.985	45,9
MOTORIZADO	14.092	76,1	7.624	52,0	1.407	72,9	1.613	88,3	1.350	74,3	2.194	67,5	28.280	67,3
NÃO MOTORIZADO	4.421	23,9	7.046	48,0	522	27,1	214	11,7	466	25,7	1.058	32,5	13.727	32,7
TOTAL	18.513	100,0	14.670	100,0	1.929	100,0	1.827	100,0	1.816	100,0	3.252	100,0	42.007	100,0

Fonte: Metrô-Pesquisas OD 2007 e 2017

(*) Relacionado com assuntos particulares ou realizados para terceiros, como tirar carteira de passe ou de trabalho, consultar advogado, ir ao banco etc.

VIAGENS DIÁRIAS POR MOTIVO NA RMSP – 2007 e 2017



TEMPO MÉDIO DAS VIAGENS DIÁRIAS POR MODO E RENDA FAMILIAR MENSAL

Região Metropolitana de São Paulo

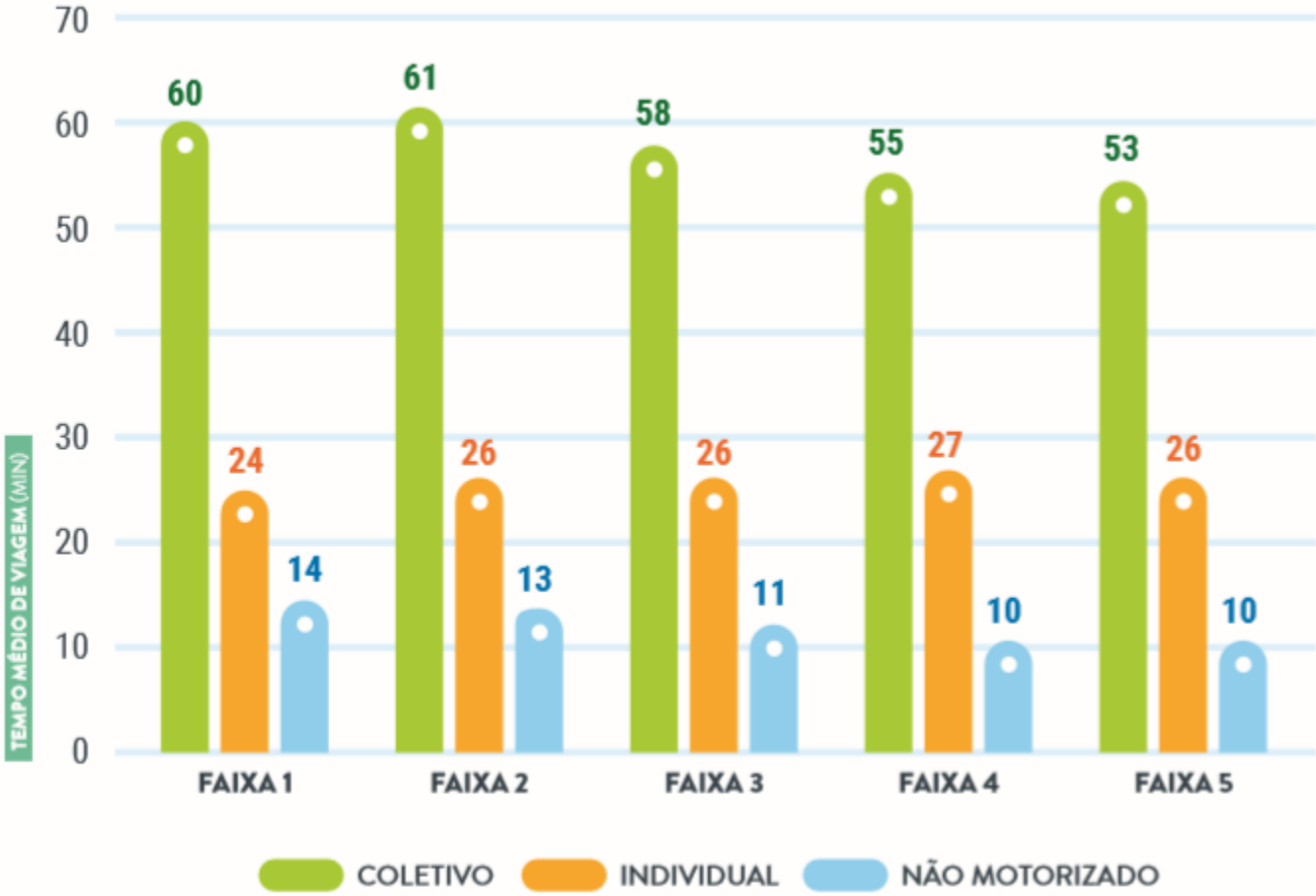
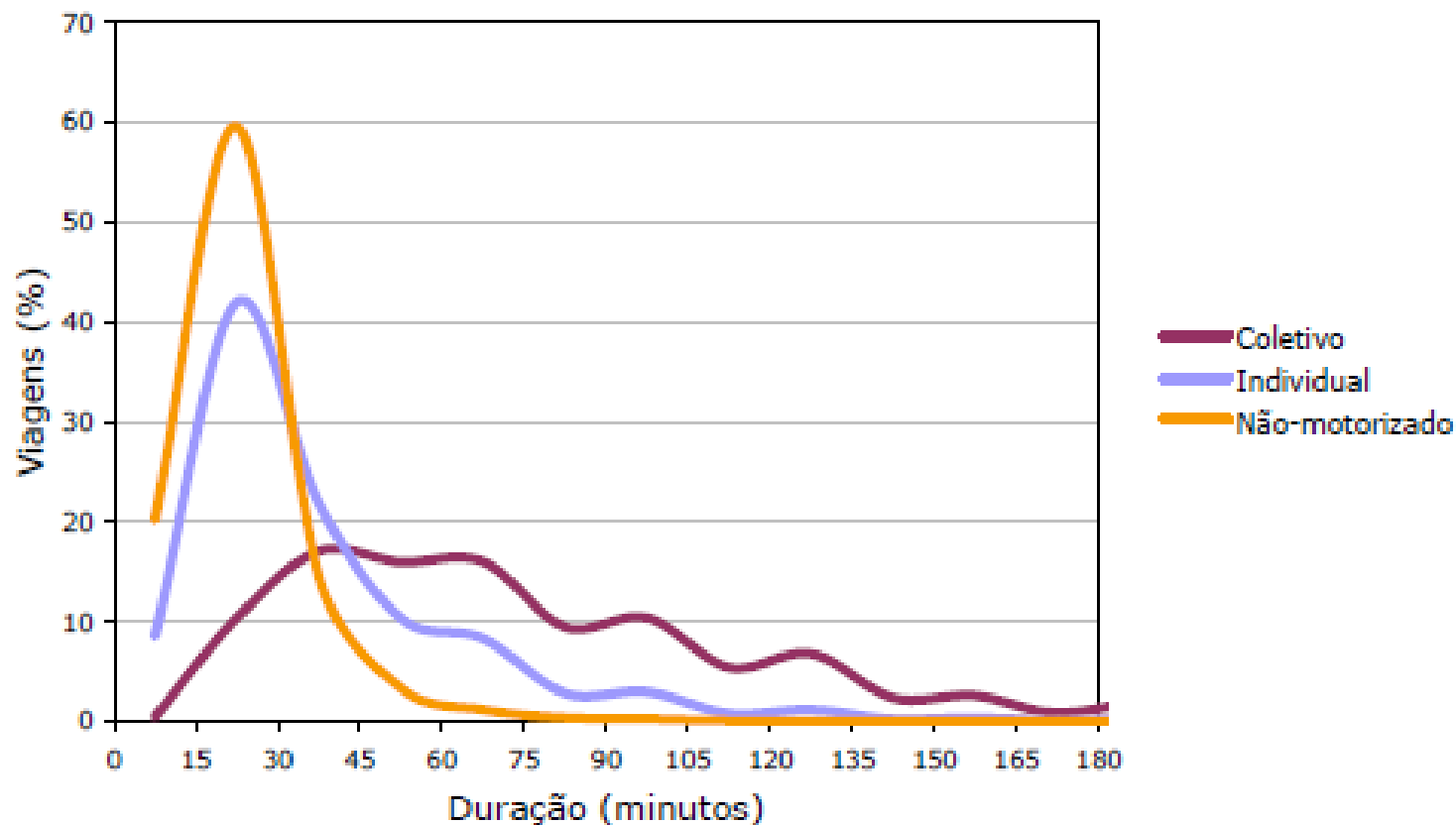
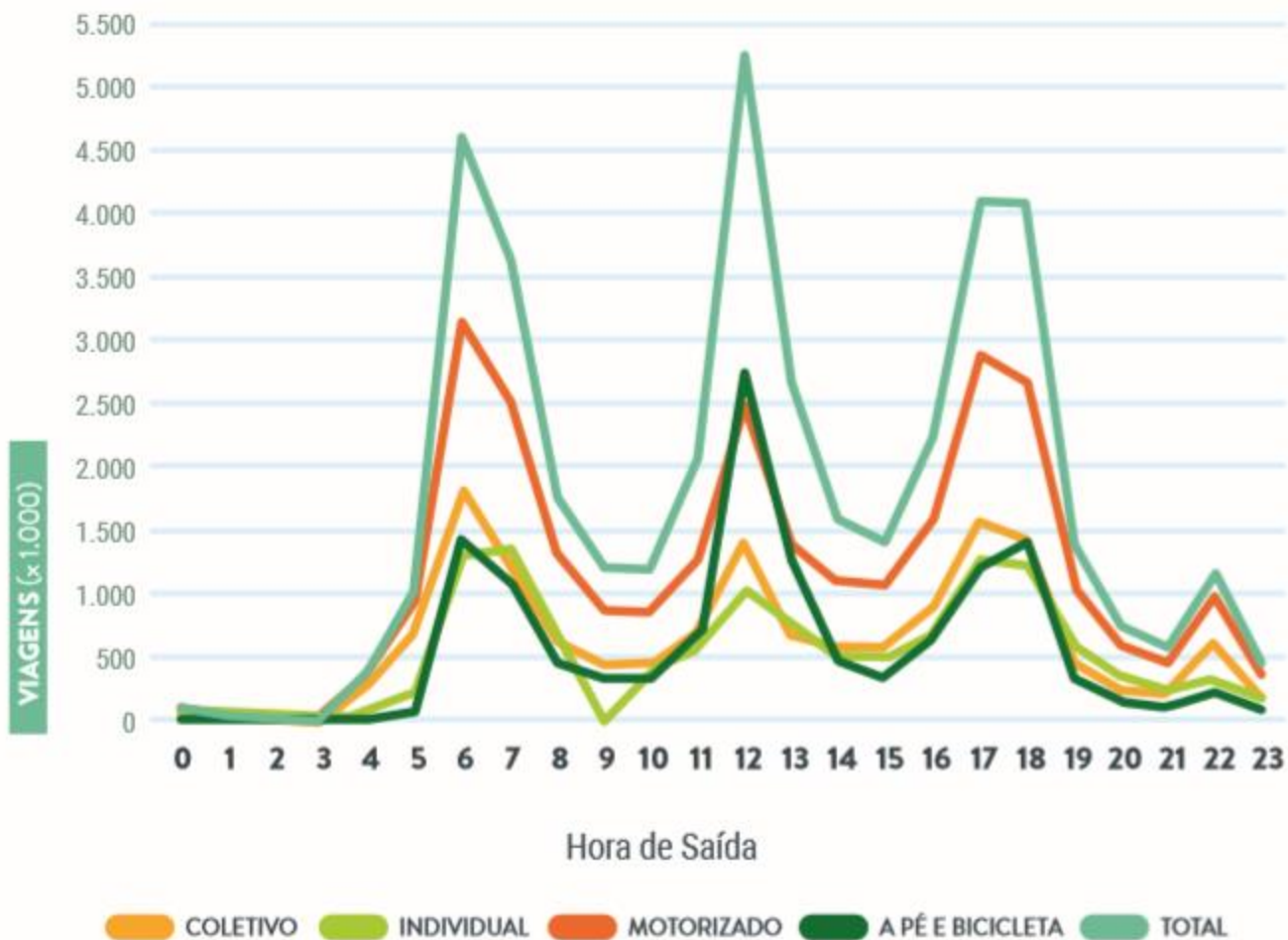


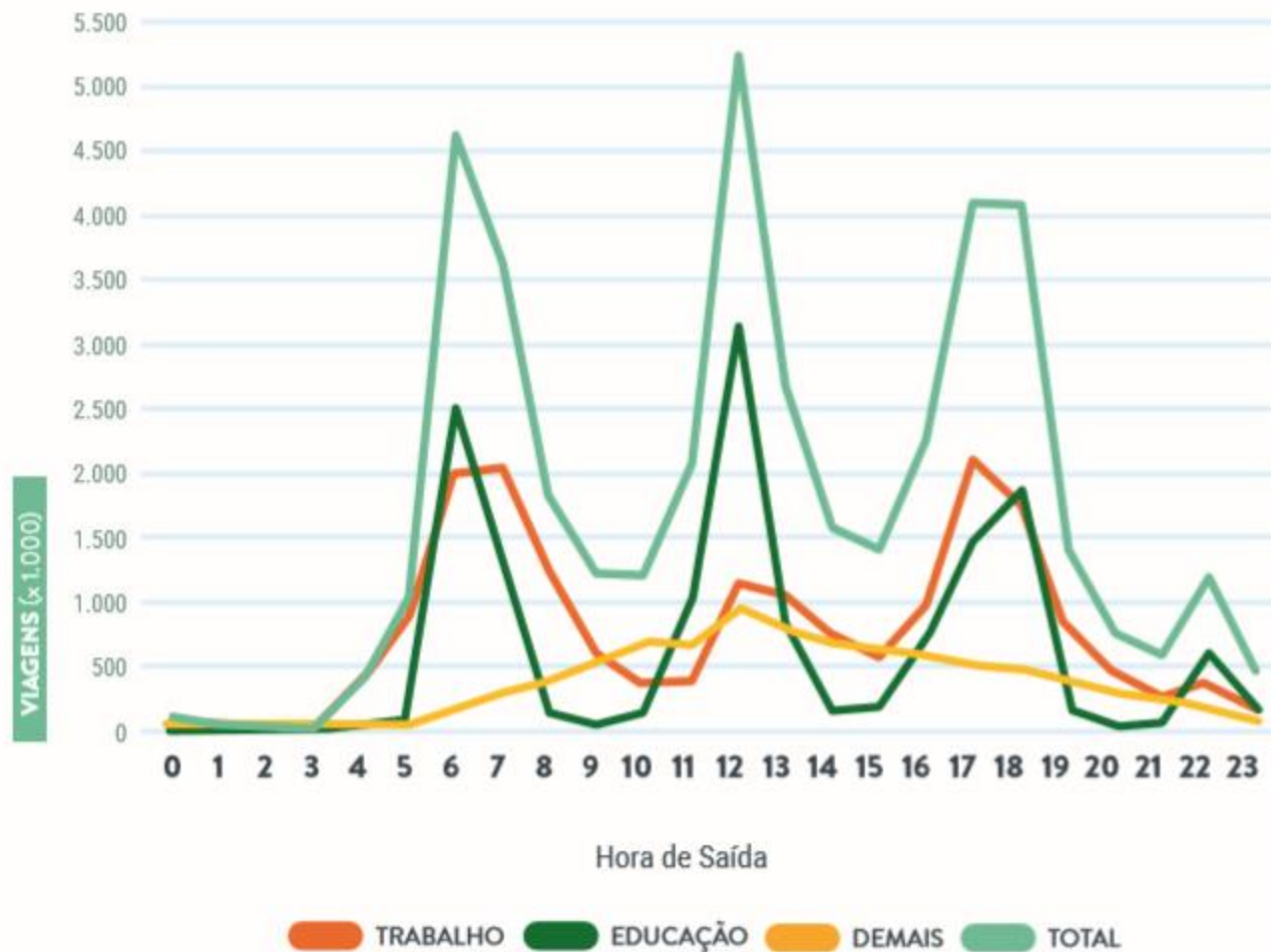
FIGURA 6
REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO
DISTRIBUIÇÃO DAS VIAGENS DIÁRIAS SEGUNDO MODO E DURAÇÃO
2007



FLUTUAÇÃO HORÁRIA DAS VIAGENS DIÁRIAS POR MODO – 2017



FLUTUAÇÃO HORÁRIA DAS VIAGENS DIÁRIAS POR MOTIVO – 2017



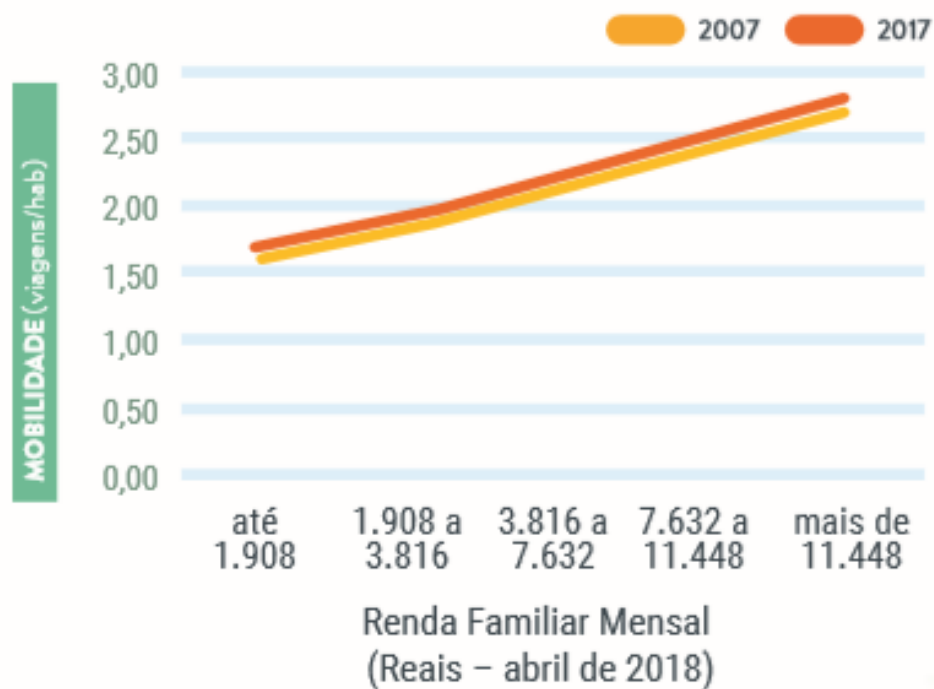
ÍNDICE DE MOBILIDADE POR **MODO PRINCIPAL** E RENDA FAMILIAR MENSAL Região Metropolitana de São Paulo

2017	ÍNDICE DE MOBILIDADE (viagens/habitante)				
	COLETIVO	INDIVIDUAL	MOTORIZADO	NÃO MOTORIZADO	TOTAL
até 1.908	0,65	0,24	0,90	0,81	1,71
1.908 a 3.816	0,78	0,47	1,26	0,67	1,93
3.816 a 7.632	0,75	0,95	1,70	0,54	2,24
7.632 a 11.448	0,66	1,37	2,03	0,51	2,54
mais de 11.448	0,55	1,71	2,26	0,56	2,82
TOTAL	0,73	0,62	1,36	0,66	2,02

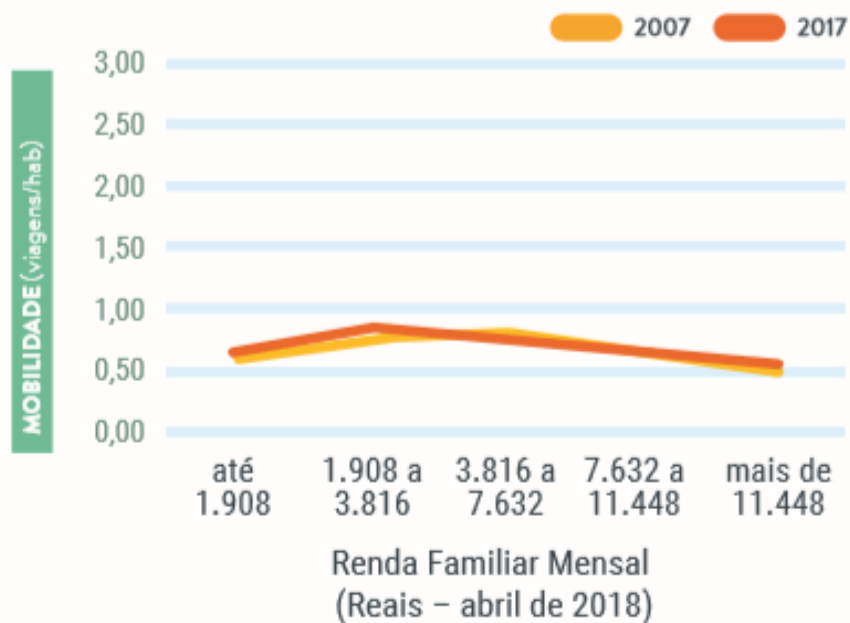
Fonte: Metrô-Pesquisas OD 2007 e 2017

(*) Em reais - abril de 2018

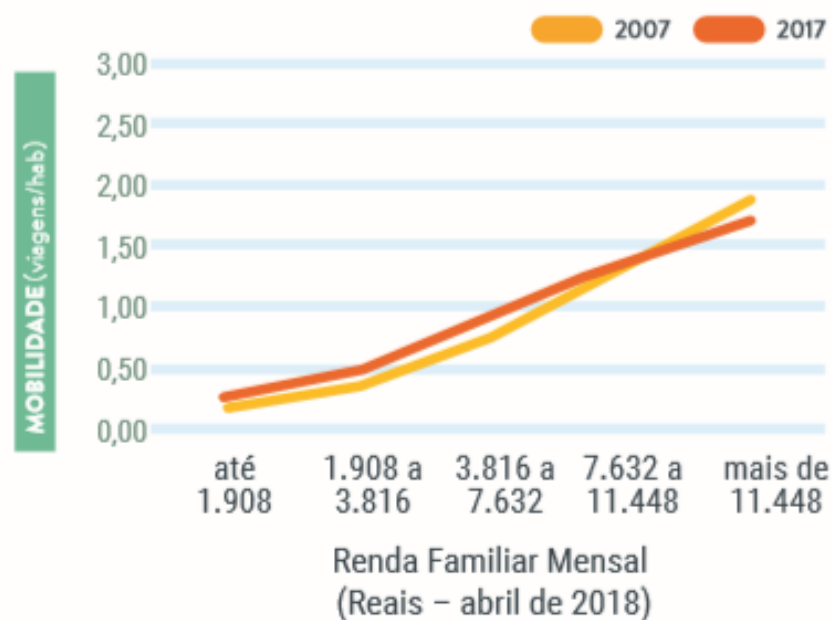
ÍNDICE DE MOBILIDADE TOTAL POR RENDA FAMILIAR MENSAL 2007 e 2017



ÍNDICE DE MOBILIDADE POR MODO COLETIVO E RENDA FAMILIAR MENSAL – 2007 e 2017



ÍNDICE DE MOBILIDADE POR MODO INDIVIDUAL E RENDA FAMILIAR MENSAL – 2007 e 2017



ÍNDICE DE MOBILIDADE POR **MODO PRINCIPAL** E GÊNERO Região Metropolitana de São Paulo

2017	ÍNDICE DE MOBILIDADE (viagens / habitante)				
GÊNERO	COLETIVO	INDIVIDUAL	MOTORIZADO	NÃO MOTORIZADO	TOTAL
MASCULINO	0,69	0,79	1,48	0,66	2,13
FEMININO	0,78	0,47	1,25	0,66	1,91
TOTAL	0,73	0,62	1,36	0,66	2,02

Fonte: Metrô-Pesquisas OD 2007 e 2017.

ÍNDICE DE MOBILIDADE POR MODO PRINCIPAL E FAIXA ETÁRIA Região Metropolitana de São Paulo

2017	ÍNDICE DE MOBILIDADE (viagens/habitante)				
	COLETIVO	INDIVIDUAL	MOTORIZADO	NÃO MOTORIZADO	TOTAL
até 3 anos	0,35	0,38	0,73	0,50	1,23
4 a 6 anos	0,73	0,49	1,21	0,89	2,10
7 a 10 anos	0,78	0,41	1,18	1,02	2,21
11 a 14 anos	0,67	0,33	1,00	1,31	2,30
15 a 17 anos	0,81	0,22	1,02	1,25	2,28
18 a 22 anos	1,15	0,31	1,46	0,58	2,04
23 a 29 anos	0,95	0,61	1,57	0,61	2,17
30 a 39 anos	0,77	0,94	1,71	0,71	2,42
40 a 49 anos	0,74	0,91	1,65	0,60	2,25
50 a 59 anos	0,66	0,75	1,40	0,54	1,94
60 anos e mais	0,50	0,53	1,03	0,31	1,34
TOTAL	0,73	0,62	1,36	0,66	2,02

Fonte: Metrô-Pesquisas OD 2007 e 2017

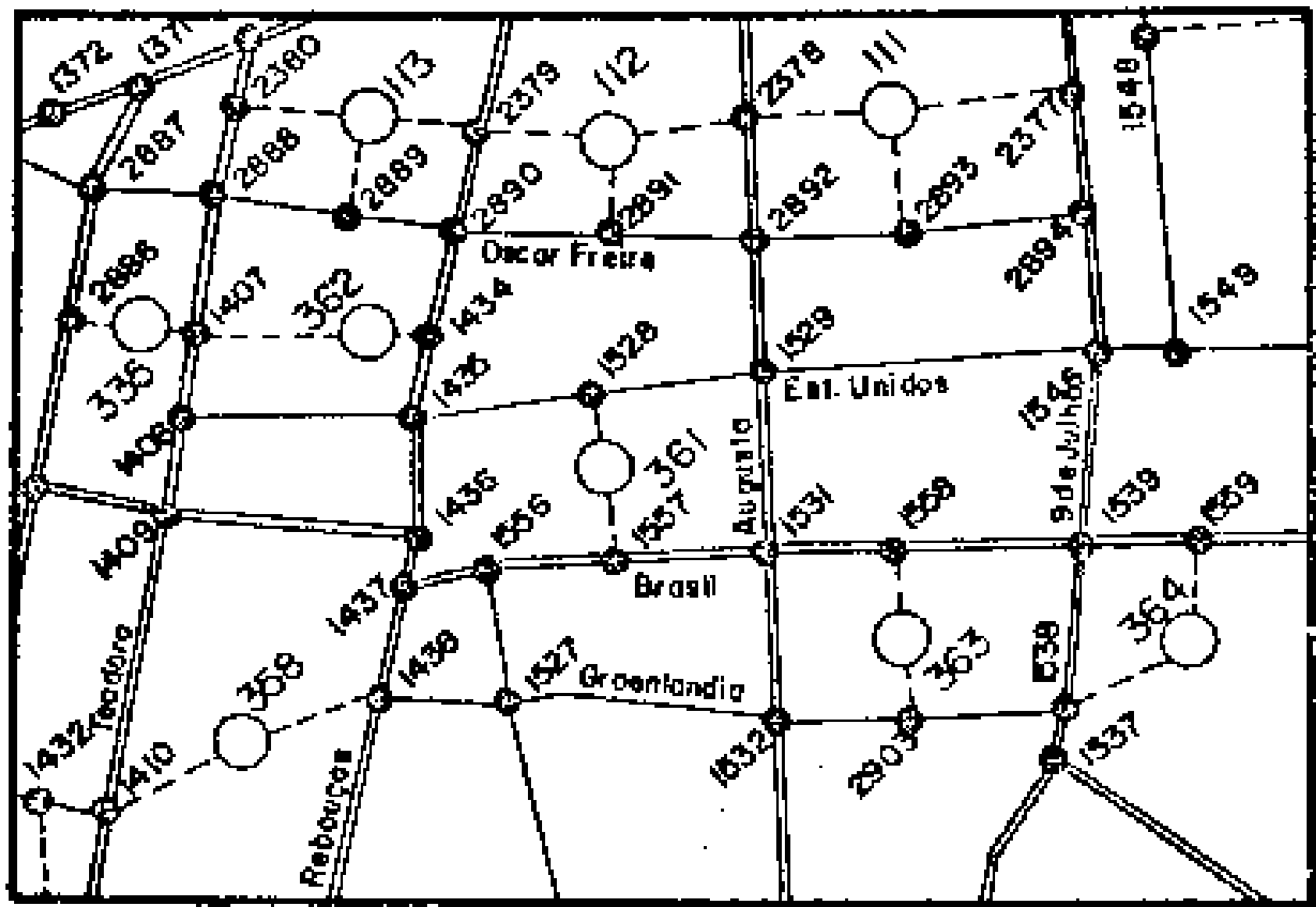
ÍNDICE DE MOBILIDADE POR **MODO PRINCIPAL** E ESCOLARIDADE Região Metropolitana de São Paulo

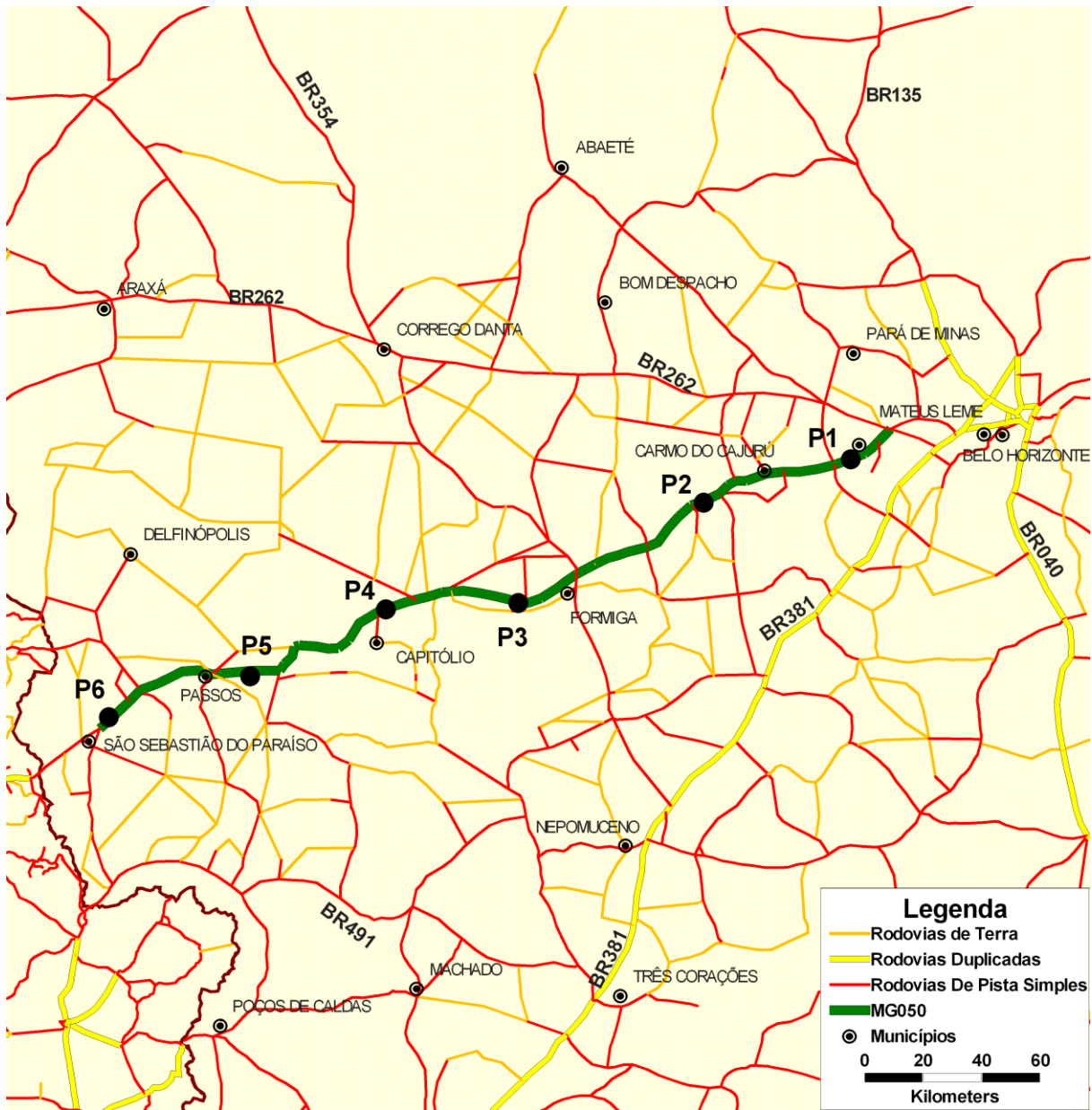
2017	ÍNDICE DE MOBILIDADE (viagens/habitante)				
	COLETIVO	INDIVIDUAL	MOTORIZADO	NÃO MOTORIZADO	TOTAL
ESCOLARIDADE					
NÃO ALFABETIZADO/ 1º GRAU INCOMPLETO	0,58	0,37	0,96	0,75	1,71
1º GRAU COMPL/2º GRAU INCOMPLETO	0,73	0,43	1,16	0,84	2,00
2º GRAU COMPL/ SUPERIOR INCOMPLETO	0,90	0,68	1,58	0,54	2,12
SUPERIOR COMPLETO	0,72	1,30	2,02	0,53	2,55
TOTAL	0,73	0,62	1,36	0,66	2,02

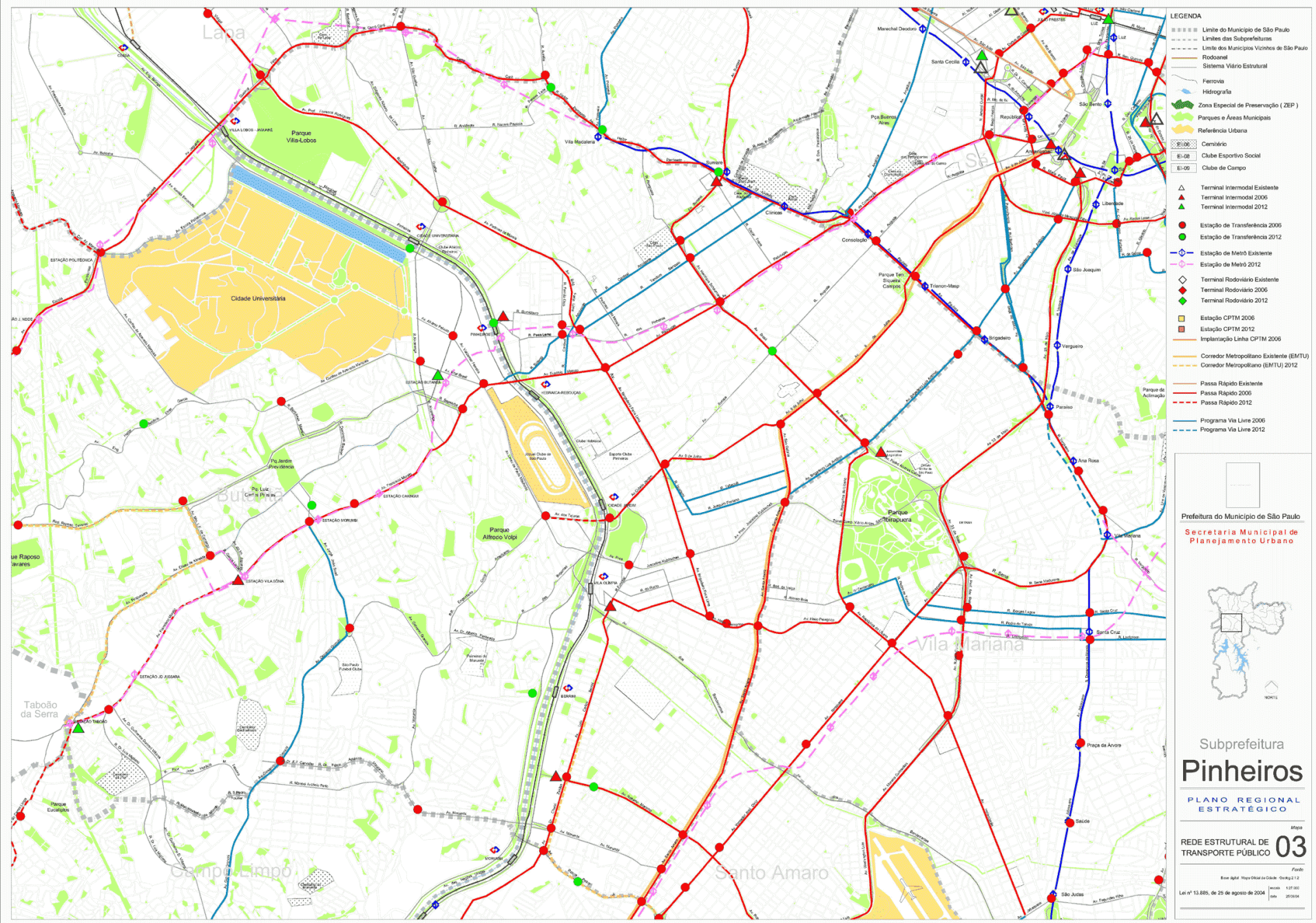
Fonte: Metrô-Pesquisas OD 2007 e 2017

Modelagem para o Planejamento Estratégico de Transportes

- Representação da oferta de transportes
 - redes (rodo)viárias
 - redes de transporte público
 - vias compartilhadas (sistema viário)
 - vias próprias (vias férreas/corredores de ônibus)
 - serviços (rotas, frequências, capacidades)
 - elementos de representação
 - nós (interseções, estações)
 - ligações (trechos homogêneos de vias/rotas)







- LEGENDA**
- Limite do Município de São Paulo
 - Limite das Subprefeituras
 - Limite dos Municípios Vizinhas de São Paulo
 - Rodovial
 - Sistema Viário Estrutural
 - Ferrovias
 - Hidrografia
 - Zona Especial de Preservação (ZEP)
 - Parques e Áreas Municipais
 - Referência Urbana
 - Cemitério
 - Clube Esportivo Social
 - Clube de Campo
 - ▲ Terminal Intermodal Existente
 - ▲ Terminal Intermodal 2006
 - ▲ Terminal Intermodal 2012
 - Estação de Transferência 2006
 - Estação de Transferência 2012
 - Estação de Metrô Existente
 - Estação de Metrô 2012
 - ◇ Terminal Rodoviário Existente
 - ◇ Terminal Rodoviário 2006
 - ◇ Terminal Rodoviário 2012
 - Estação CPTM 2006
 - Estação CPTM 2012
 - Implantação Linha CPTM 2006
 - Corredor Metropolitano Existente (EMTU)
 - Corredor Metropolitano (EMTU) 2012
 - Passa Rápido Existente
 - Passa Rápido 2006
 - Passa Rápido 2012
 - Programa Via Livre 2006
 - Programa Via Livre 2012

Prefeitura do Município de São Paulo
 Secretaria Municipal de Planejamento Urbano

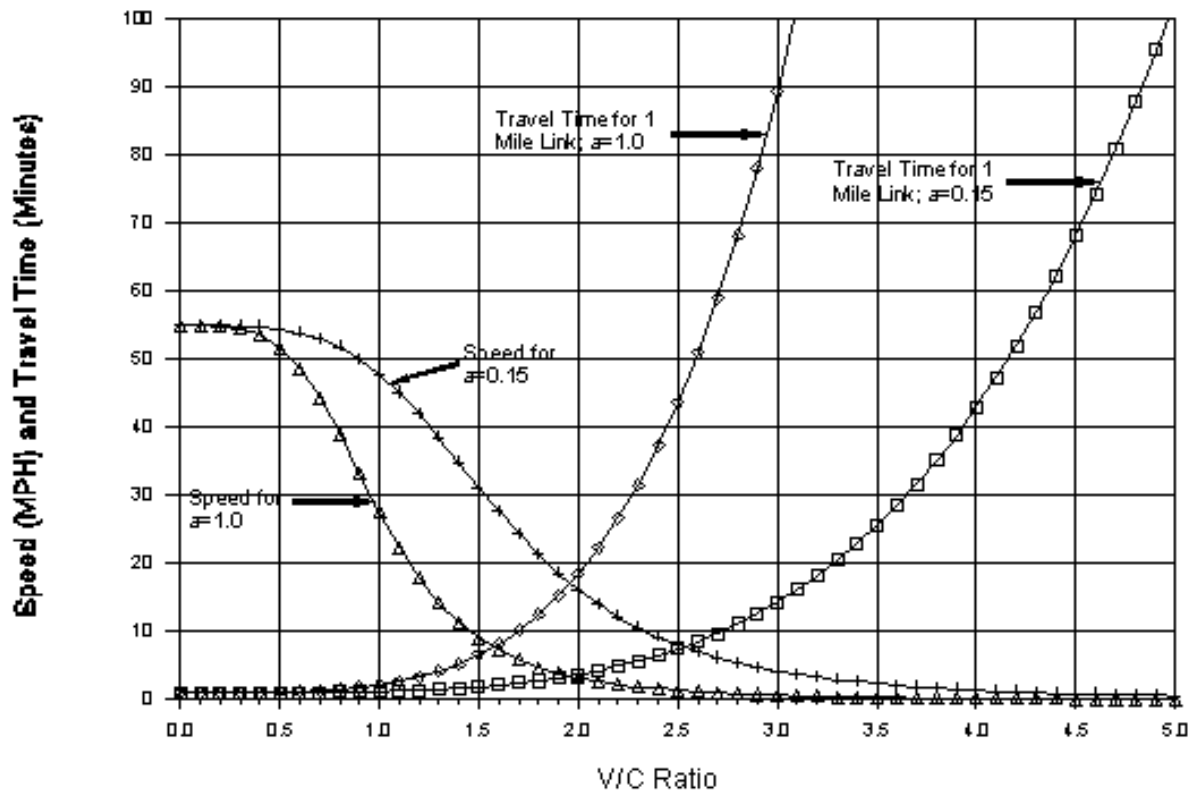
Subprefeitura
Pinheiros

PLANO REGIONAL ESTRATÉGICO

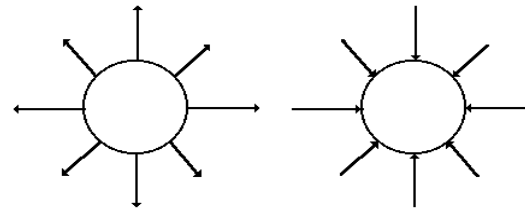
REDE ESTRUTURAL DE TRANSPORTE PÚBLICO **03**

Fonte:
 Base geol. Mapas Digitais do Estado - Geolig 2.1.2
 Lei nº 13.885, de 25 de agosto de 2004
 escala 1:27.000
 data 2010/04

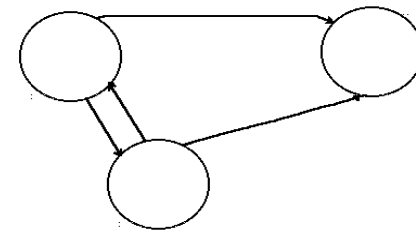
Funções de desempenho – ligações viárias



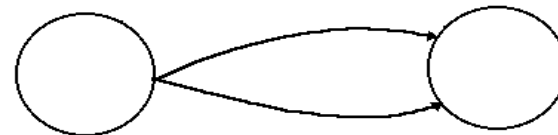
- Geração de Viagens: totais de viagens em cada área/zona de tráfego



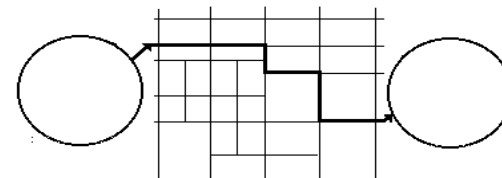
- Distribuição de viagens: interação espacial



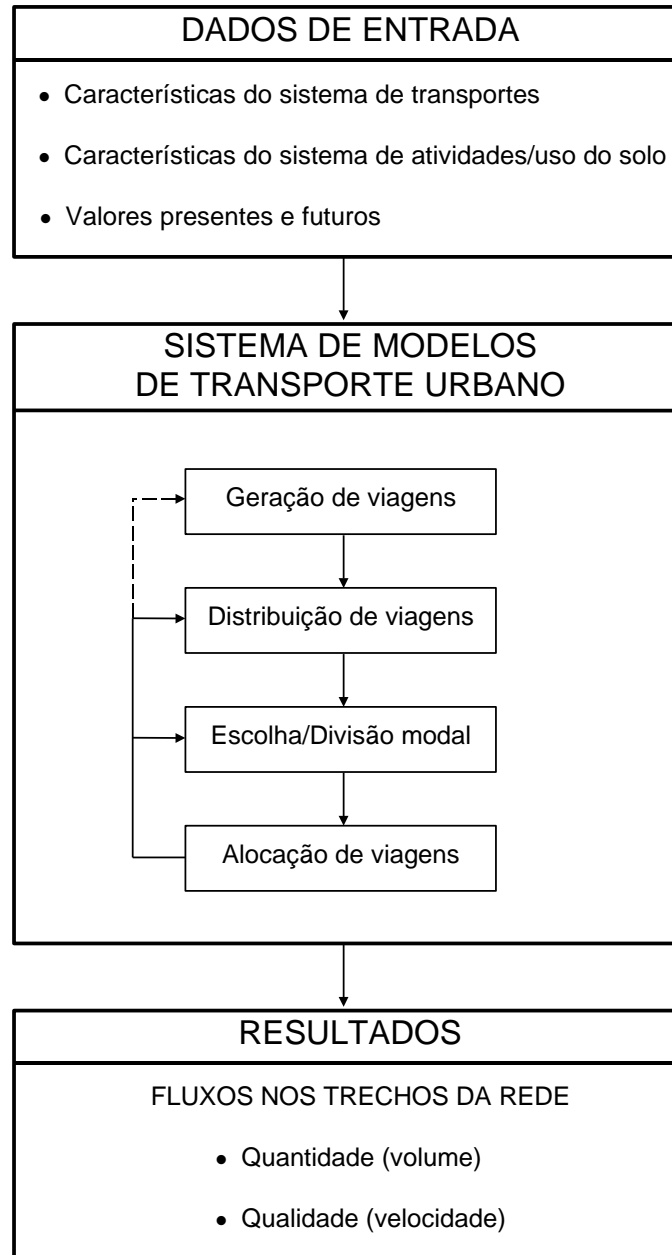
- Escolha Modal: interação com oferta de transporte



- Alocação de viagens: utilização da rede de transportes



Modelo 4 Etapas: Estrutura Sequencial e Iterações

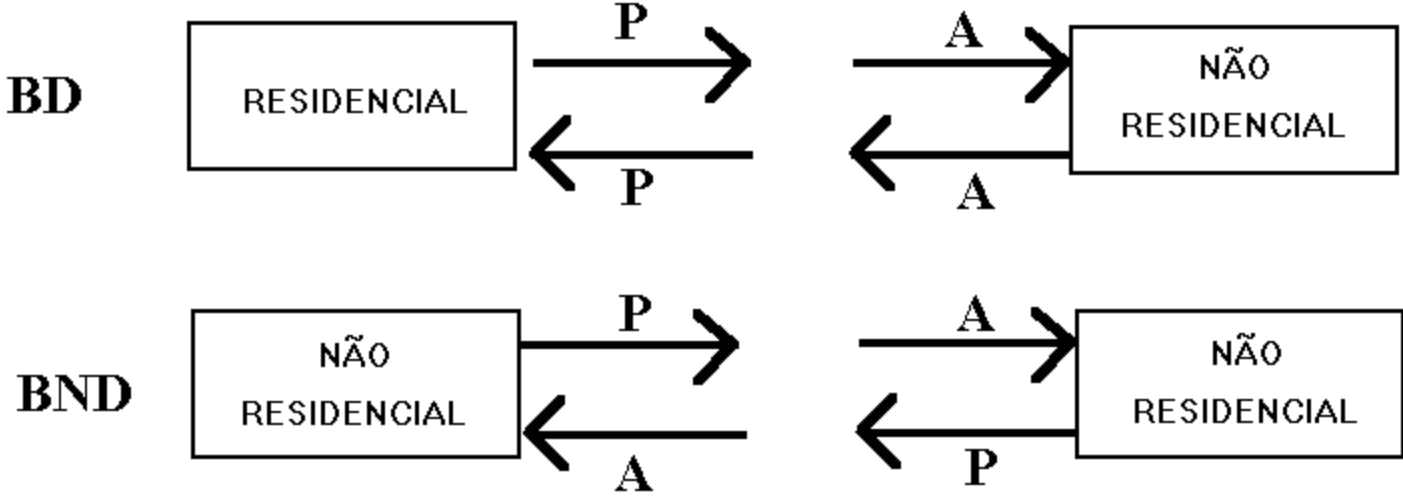


Modelagem para o Planejamento Estratégico de Transportes

- Modelos 4 etapas
 - geração de viagens
 - demanda = $f(\text{características população, uso do solo})$
 - *produção X atração*
 - fatores que afetam a produção de viagens
 - fatores que afetam a atração de viagens

OD x PA

BD x BND



Modelagem para o Planejamento Estratégico de Transportes

- Geração de Viagens
 - Fatores que afetam a *produção* de viagens

Número de “viajantes”

população

total de famílias

densidade residencial

Propensão a viajar

tamanho da família

número de pessoas que trabalham

presença de crianças na família

posse de automóveis

renda

ocupação

nível de instrução

sexo

idade

Modelagem para o Planejamento Estratégico de Transportes

- Geração de Viagens
 - Fatores que afetam a *atração* de viagens
 - número de empregos por setor de atividade
 - área (total ou construída) por tipo de uso
 - industrial, comercial, serviços, recreação
 - vagas escolares

Modelagem para o Planejamento Estratégico de Transportes

- Modelos de geração de viagens
 - exemplos:
 - $P_i = 37 + 1,7.D_i + 2,4.A_i + 1,9T_i$
 - P_i = produção de viagens diárias na zona i por motivo trabalho
 - D_i = número de domicílios na zona i
 - A_i = número de autos dos domicílios da zona i
 - T_i = população economicamente ativa residente na zona i
 - $A_i = 265 + 1,6.I_i + 1,7.C_i + 1,8.S_i + 0,4.D_i$
 - A_i = atração de viagens diárias na zona i por motivo trabalho
 - I_i = número de empregos em indústrias na zona i
 - C_i = número de empregos em comércio na zona i
 - S_i = número de empregos em serviços na zona i
 - D_i = número de domicílios na zona i

Modelagem para o Planejamento Estratégico de Transportes

- Modelos de geração de viagens (e outros)
 - Desenvolvimento dos modelos
 - etapa preliminar: calibração
 - exemplo: estimar coeficientes da regressão
 - Utilização dos modelos
 - requer projeção das variáveis explicativas (por zona)
 - para diferentes cenários

Modelagem para o Planejamento Estratégico de Transportes

- Estimativas de P e A e Balanceamento

P	A	1	2 ...	j...	N	
1				?		P_1
2...						P_2
i...				V_{ij}		P_i
N						P_N
		A_1	$A_2 ...$	$A_{j...}$	A_N	$\sum_i P_i = \sum_j A_j$

Modelagem para o Planejamento Estratégico de Transportes

- Modelos de distribuição de viagens
 - representam interação entre zonas
 - Demanda – $V_{ij} = (P_i, A_j, \text{custos entre zonas})$

- O Modelo Gravitacional

- analogia com a física de Newton
- evolução/generalização para o transporte urbano

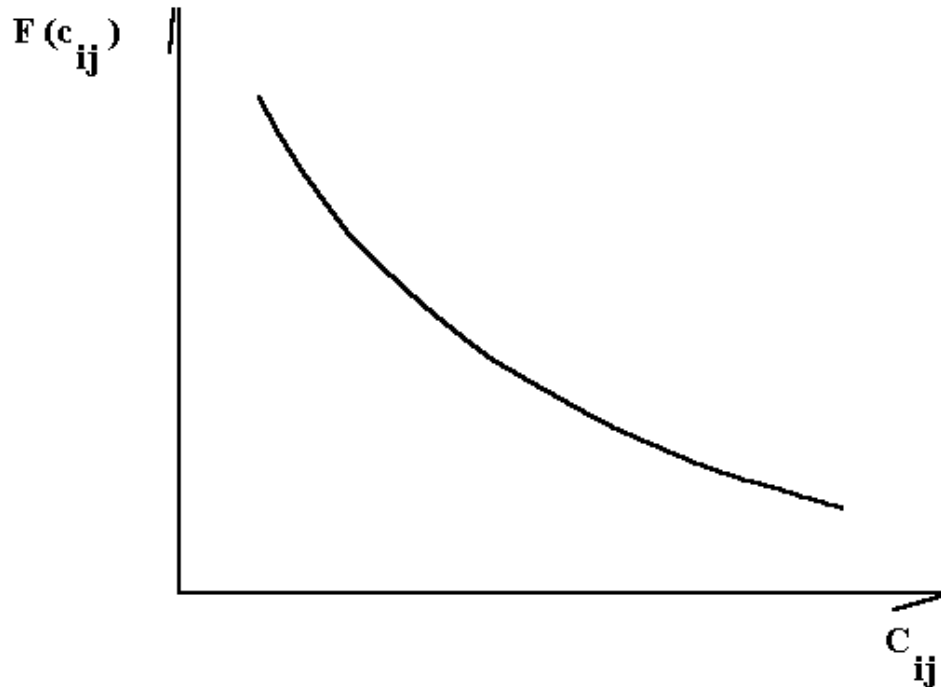
$$V_{ij} = k \cdot P_i \cdot A_j \cdot F(c_{ij})$$

onde, $F(c_{ij})$ é a função de “impedância”

c_{ij} é o *custo (generalizado)* da viagem de i a j

Modelagem para o Planejamento Estratégico de Transportes

- Modelo Gravitacional
 - função de impedância



Modelagem para o Planejamento Estratégico de Transportes

- Modelo Gravitacional

- “formulação” do B.P.R.

$$V_{ij} = \frac{P_i \cdot A_j \cdot F(c_{ij})}{\sum_j A_j \cdot F(c_{ij})} = P_i \frac{A_j \cdot F(c_{ij})}{\sum_j A_j \cdot F(c_{ij})}$$

- onde $A_j \cdot F(c_{ij})$ é uma possível medida de acessibilidade

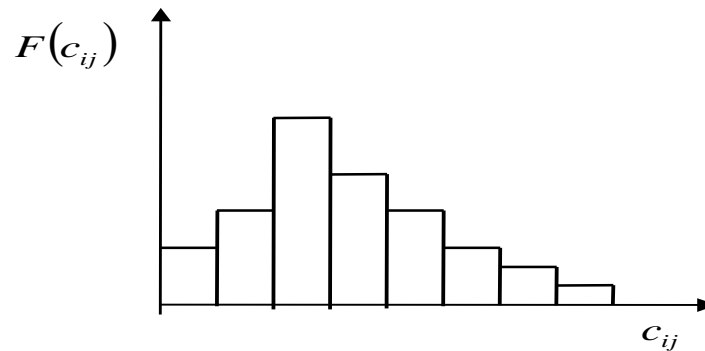
- modelo distribui viagens segundo acessibilidade relativa

Modelagem para o Planejamento Estratégico de Transportes

- Modelo Gravitacional
 - função de impedância

- exponencial $F(c_{ij}) = e^{-\beta \cdot c_{ij}}$

- escalonada



Modelagem para o Planejamento Estratégico de Transportes

- Modelos de escolha modal
 - representam comportamento do usuário na competição entre modos
- Fatores que influenciam a divisão modal
 - características do viajante
 - posse/disponibilidade de auto
 - renda
 - características da viagem
 - motivo
 - período

Modelagem para o Planejamento Estratégico de Transportes

- Fatores que influenciam a divisão modal
 - características do sistema de transportes

QUANTITATIVOS

- tempo de viagem
 - no veículo (em cada modo)
 - andando
 - espera/buscando vaga para estacionar
- custos monetários
 - tarifas transporte público
 - tarifas de estacionamento
 - (pedágios)

CUSTO
GENERALIZADO



QUALITATIVOS

- conforto e conveniência
- confiabilidade e regularidade
- segurança

Modelagem para o Planejamento Estratégico de Transportes

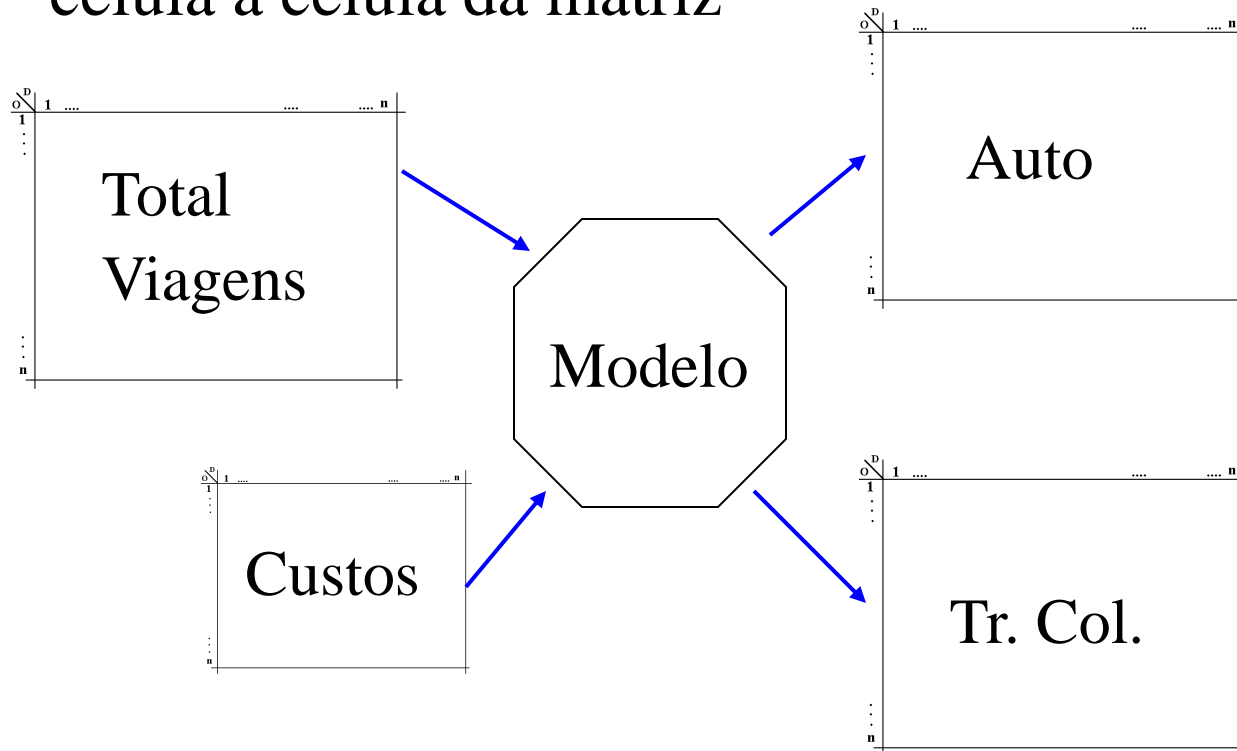
- Modelo Logit multinomial

$$P_{ij}^k = \frac{\exp(-\lambda c_{ij}^k)}{\sum_k \exp(-\lambda c_{ij}^k)}$$

- onde,
 - P_{ij}^k = probabilidade da viagem de i a j ser realizada pelo modo k
 - c_{ij}^k = custo generalizado de i para j pelo modo k
 - λ = parâmetro do modelo

Modelagem para o Planejamento Estratégico de Transportes

- Aplicação do modelo de escolha modal
 - célula a célula da matriz



Modelagem para o Planejamento Estratégico de Transportes

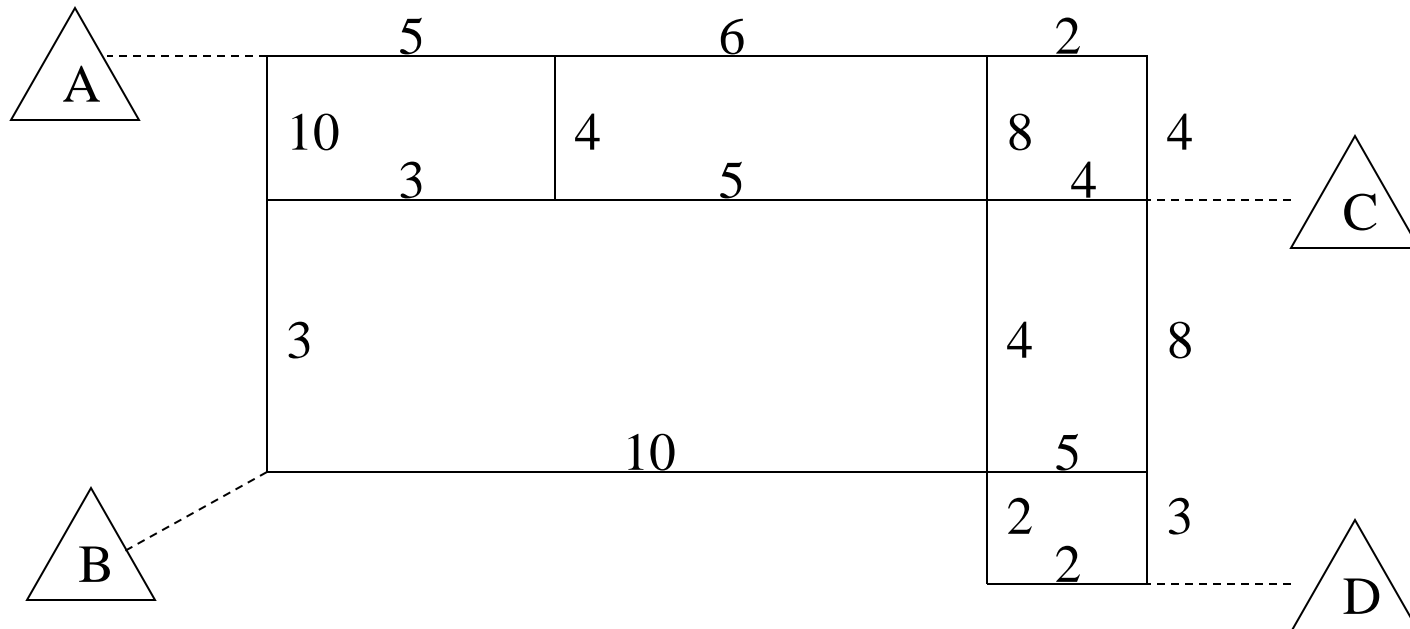
- Métodos de Alocação de Viagens
 - responsáveis pelo “carregamento” da rede
 - informações necessárias
 - matrizes de viagens por modo
 - descrição das redes de transporte (por modo ou única)
 - critérios de escolha de rota
 - exemplo: alocação “tudo ou nada”

Modelagem para o Planejamento Estratégico de Transportes

- Alocação “tudo ou nada”
 - admite
 - ausência de efeitos de congestionamento
 - todos os usuários da rede consideram os mesmos atributos e os ponderam da mesma forma
 - portanto
 - todos escolhem a mesma rota
 - todos alocados a uma única rota entre i e j e ninguém alocado a outras rotas menos atrativas

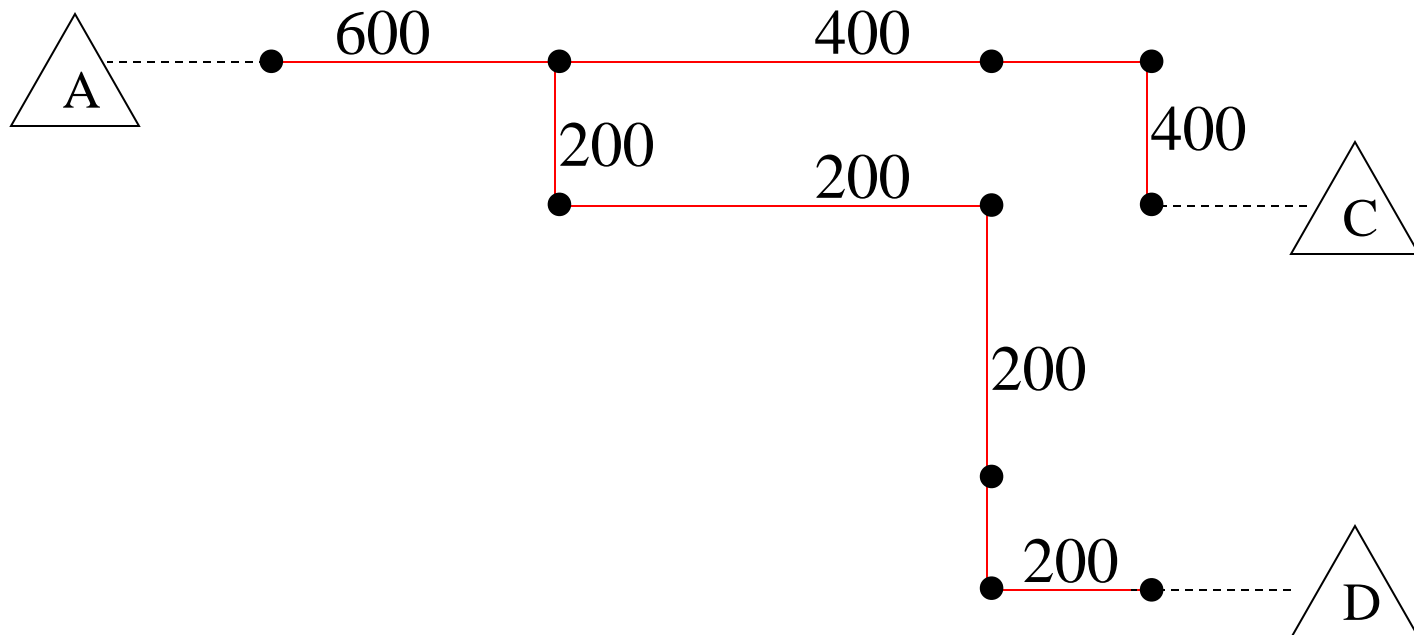
Modelagem para o Planejamento Estratégico de Transportes

- Alocação “tudo ou nada”
 - A-C = 400 viagens
 - A-D = 200 viagens
 - B-C = 300 viagens
 - B-D = 100 viagens



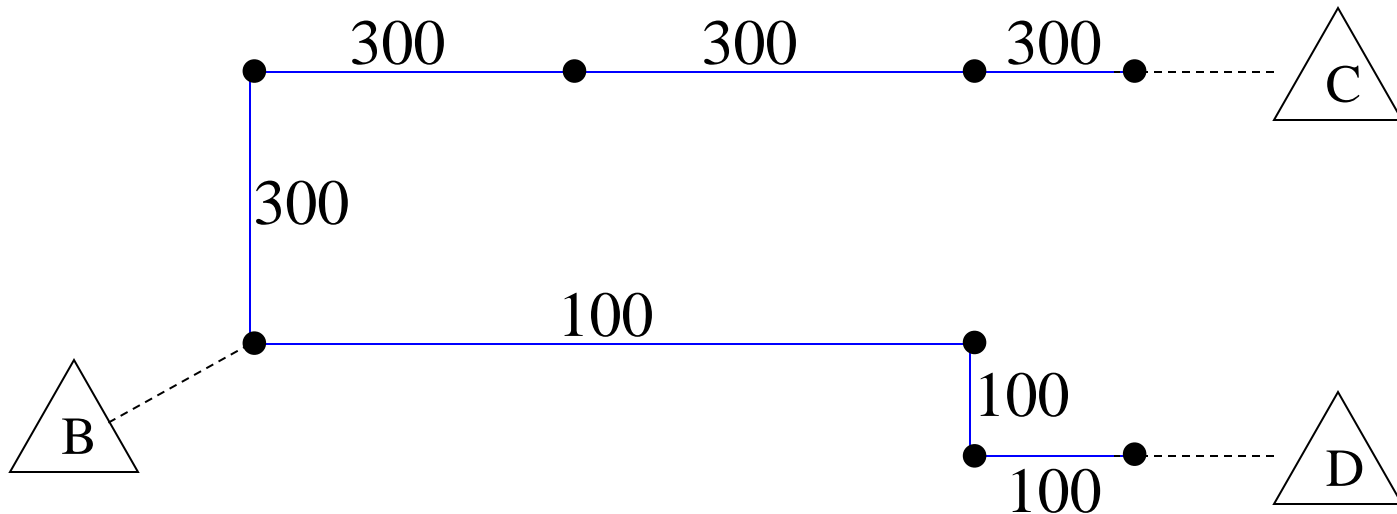
Modelagem para o Planejamento Estratégico de Transportes

- Alocação “tudo ou nada”
 - caminhos mínimos: a partir do nó A



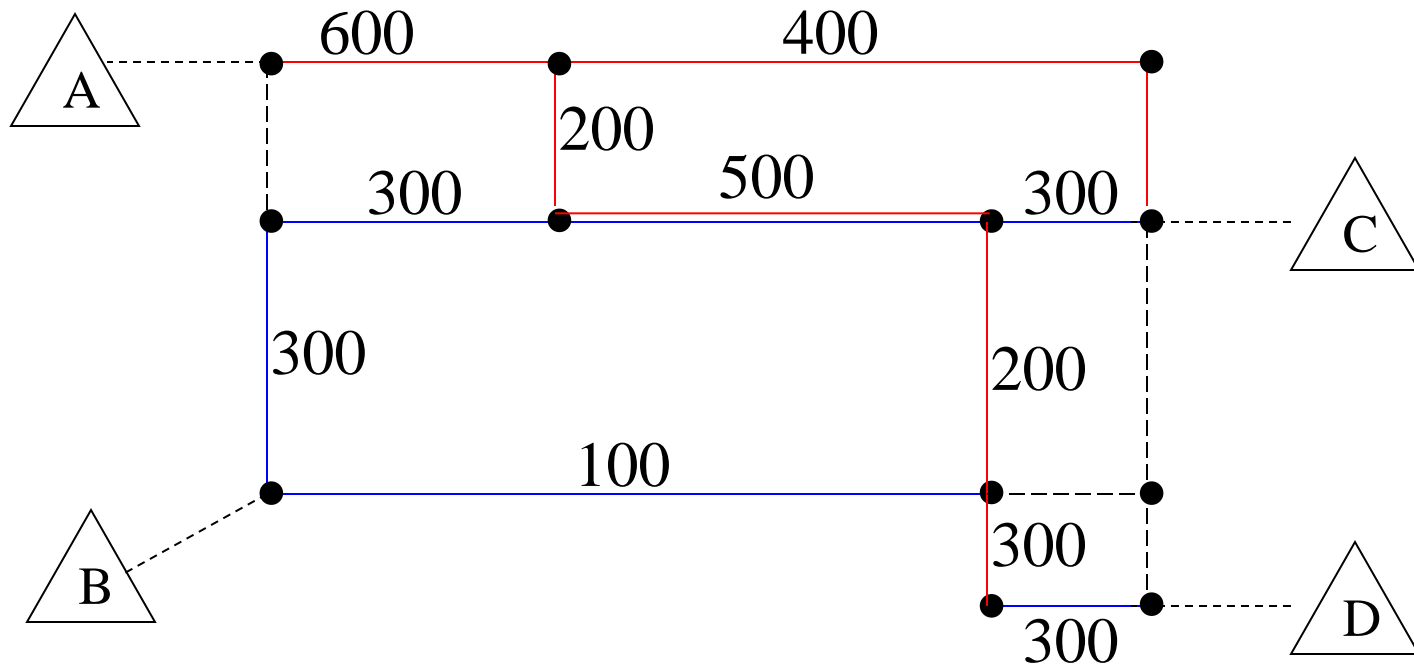
Modelagem para o Planejamento Estratégico de Transportes

- Alocação “tudo ou nada”
 - caminhos mínimos: a partir do nó B



Modelagem para o Planejamento Estratégico de Transportes

- Alocação “tudo ou nada”
 - fluxos nos trechos
 - tempos de viagem entre pares de zonas



Modelagem para o Planejamento Estratégico de Transportes

- Alocação “tudo ou nada”
 - resultados
 - em geral, não representam situação de equilíbrio
 - válido onde não prevalece congestionamento
 - utilizado em redes simples de transporte público
 - identifica “linhas de desejo”
 - serve para identificar demanda potencial de novas alternativas

Modelagem para o Planejamento Estratégico de Transportes

- Avaliação de alternativas
 - resultados da modelagem
 - fluxos entre pares de zonas, por modo
 - fluxos nos trechos, por modo
 - tempos e custos de viagem entre zonas, por modo
 - tempos e custos de viagem, por trecho/modo
 - estimativas para avaliação
 - benefícios para usuários - tempos e custos
 - benefícios para operadores - custos operacionais
 - benefícios sociais - acidentes, poluição, etc.