

NEREUS

Núcleo de Economia Regional e Urbana
da Universidade de São Paulo

The University of São Paulo
Regional and Urban Economics Lab

Aula 25: Mobilidade Urbana

Eduardo A. Haddad

Professor Titular do Departamento de Economia da USP

Quanto custa ficar parado no trânsito em São Paulo?

Haddad, E. A., Hewings, G. J. D, Porsse, A. P., Van Leeuwen, E. S. e. Vieira, R. S. (2015). The Underground Economy: Tracking the Higher-order Economic Impacts of the São Paulo Subway System. ***Transportation Research Part A: Policy and Practice***, v. 73, pp. 18–30.

Haddad, E. A. e Vieira, R. S. (2015). Mobilidade, Acessibilidade e Produtividade: Nota sobre a Valoração Econômica do Tempo de Viagem na Região Metropolitana de São Paulo. ***Revista de Economia Contemporânea***, v. 19, n. 3, pp. 343-365.

Haddad et al. (2019). Mobility in cities: Distributional impact analysis of transportation improvements in São Paulo Metropolitan Region, ***Transport Policy***, v. 73, pp. 125-142

FAPESP, CNPq, Banco Mundial

Divulgação científica

Agência **FAPESP**

NOTÍCIAS

AGENDA

VÍDEOS

ASSINE



ÚLTIMAS NOTÍCIAS

FAPESP capacita startups para desenvolver modelo de negócios

11 de abril de 2016

Fungo descoberto em castanheiras pode ter atividade bactericida

11 de abril de 2016

Apoio à empresa no desenvolvimento de produtos para cidades inteligentes

11 de abril de 2016

FEA-RP/ USP abre inscrições para pós-doutorado em Controladoria e Contabilidade

11 de abril de 2016

Metrô de São Paulo faz Brasil poupar R\$ 19,3 bilhões por ano, calcula pesquisa

03 de junho de 2013



Por José Tadeu Arantes

Agência FAPESP – Além de facilitar a vida das pessoas, o metrô pode dar uma grande contribuição à economia. Caso São Paulo não tivesse metrô, por exemplo, a economia brasileira perderia R\$ 19,3 bilhões por ano. Esse valor corresponde a dois terços do custo de construção de toda a rede de metrô da cidade. Se a quantia salva fosse investida no próprio sistema metroviário, seria possível duplicá-lo com o



Cifra poupada, decorrente da maior mobilidade dos trabalhadores e do consequente aumento de produtividade, foi calculada por pesquisadores da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da USP (foto: GESPIM)

Divulgação científica

ÚLTIMAS NOTÍCIAS

Governador nomeia diretor-presidente e três novos conselheiros da FAPESP

07 de outubro de 2015

Pós-Graduação em Biosistemas na UFABC

07 de outubro de 2015

ESPM abre inscrições para mestrado e doutorado

07 de outubro de 2015

Nanopartículas podem ser base para detectores mais sensíveis de radiação

06 de outubro de 2015

Brasil perde R\$ 156,2 bilhões do PIB com a morosidade do trânsito em São Paulo

02 de outubro de 2015



José Tadeu Arantes | Agência FAPESP – Quanto custa ficar parado no trânsito em São Paulo? Esta pergunta foi respondida com precisão. “Hoje, pessoas que trabalham fora de casa gastam em média 100 minutos do dia na ida e volta entre os locais de moradia e de trabalho. Considerando as características estruturais da Região Metropolitana de São Paulo e os padrões de mobilidade verificados em outras cidades do país, seria possível reduzir esse intervalo de



No Município de São Paulo, que concentra a maior parte da frota, a média é de 1 veículo para menos de 2,2 habitantes (foto: Léo Ramos/FAPESP)

Brasil perde R\$ 156,2 bilhões com a morosidade do trânsito em São Paulo

Moradores da Região Metropolitana de São Paulo gastam meia hora a mais do que deveriam no deslocamento entre as residências e os locais de trabalho.

Se o excesso de tempo fosse eliminado, o PIB nacional cresceria em 2,83%. E a cidade absorveria 50% do benefício.

Produtividade e tamanho da cidade (Alonso, 1971)

Ganhos de **produtividade** estão diretamente associados a **crescimento de longo prazo**

Aglomerações possuem benefícios e custos

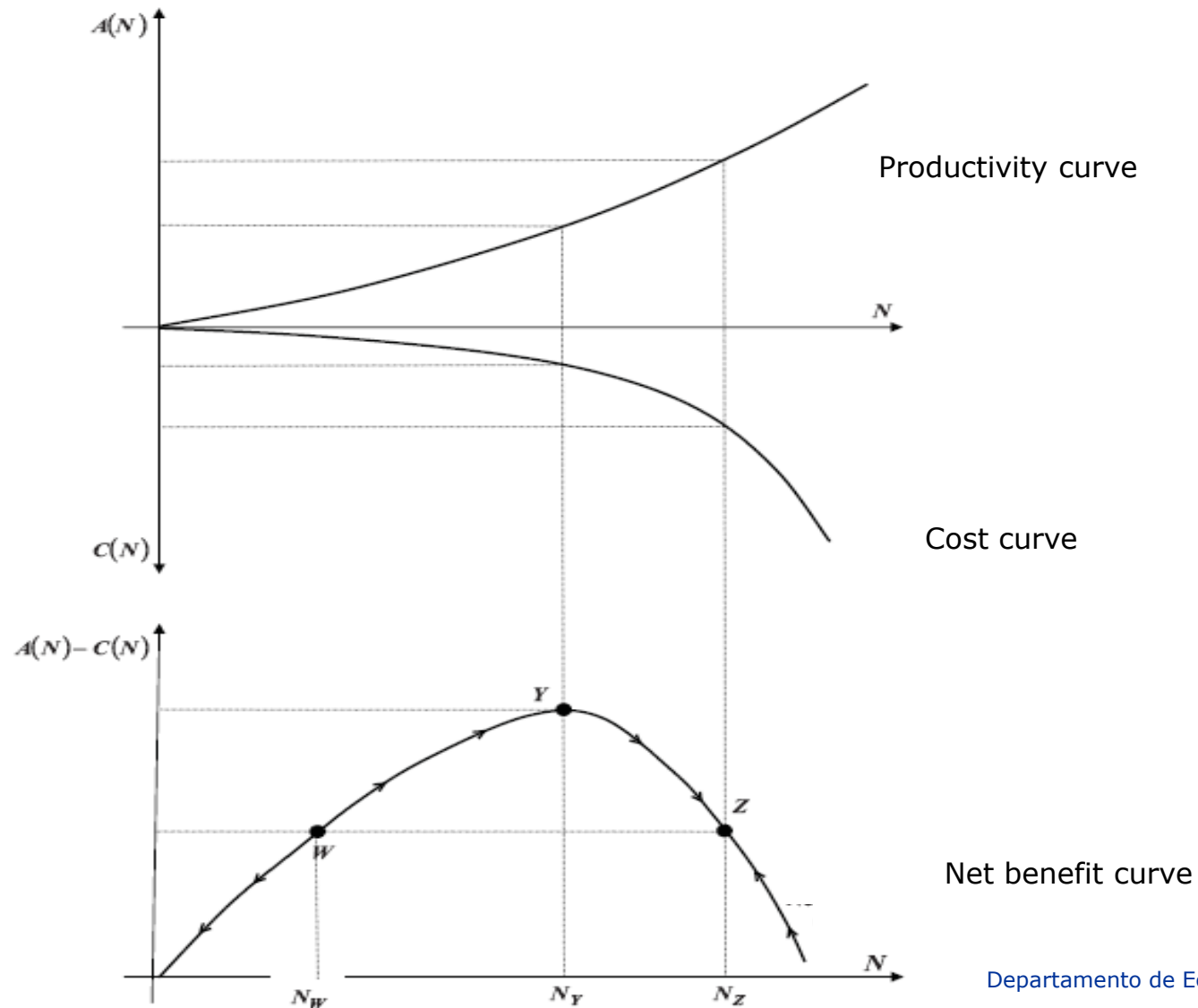
Benefícios e custos aumentam com o tamanho da cidade

- Benefícios cresceriam a taxas decrescentes
- Custos cresceriam a taxas crescentes

Tamanho ótimo da cidade:

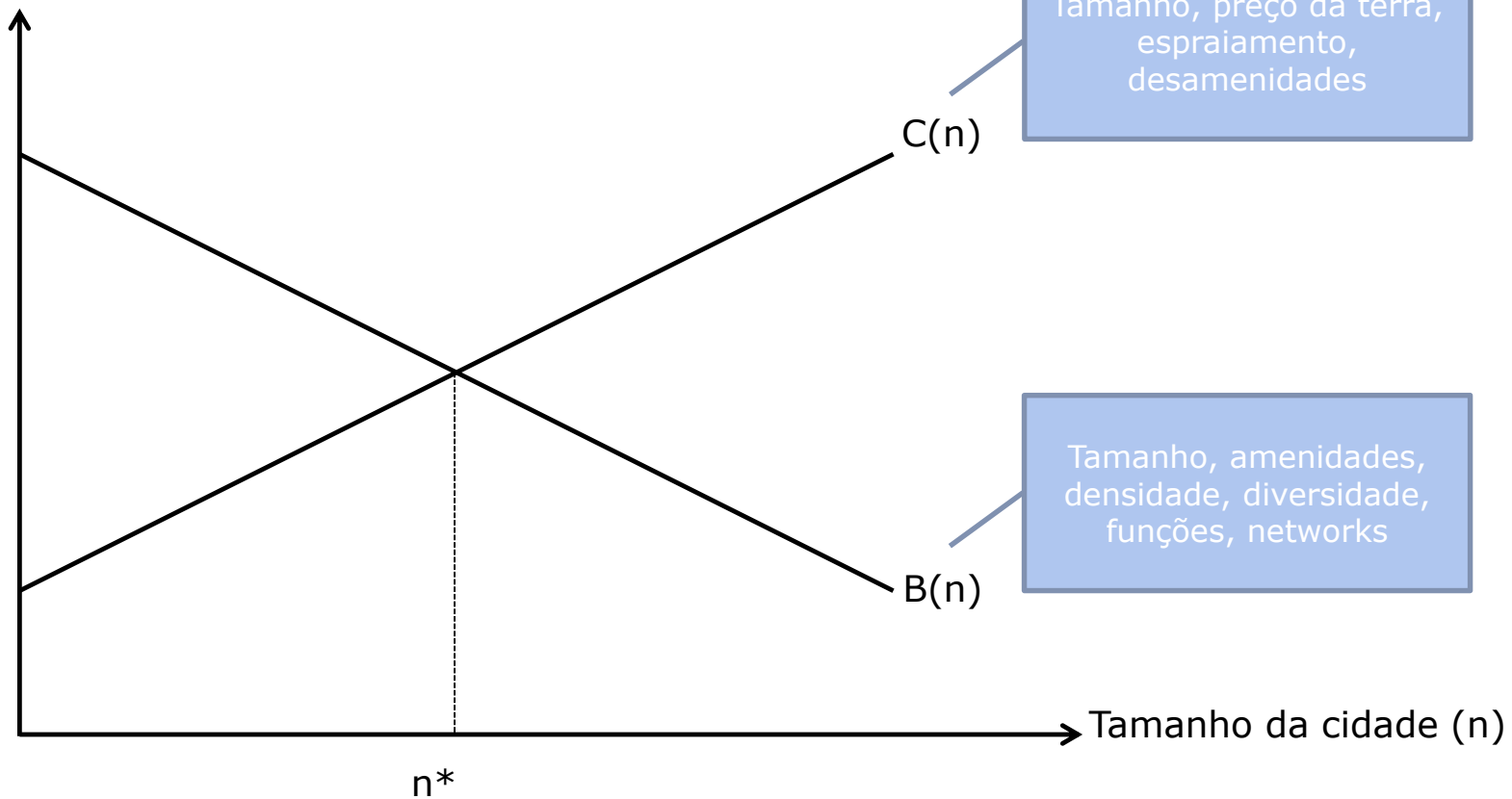
Benefício líquido máximo

Produtividade e tamanho da cidade



Tamanho ótimo da cidade

Custos e benefícios marginais





Fonte: EMURB

RMSP é o centro econômico e financeiro do Brazil

Maior aglomeração urbana do País

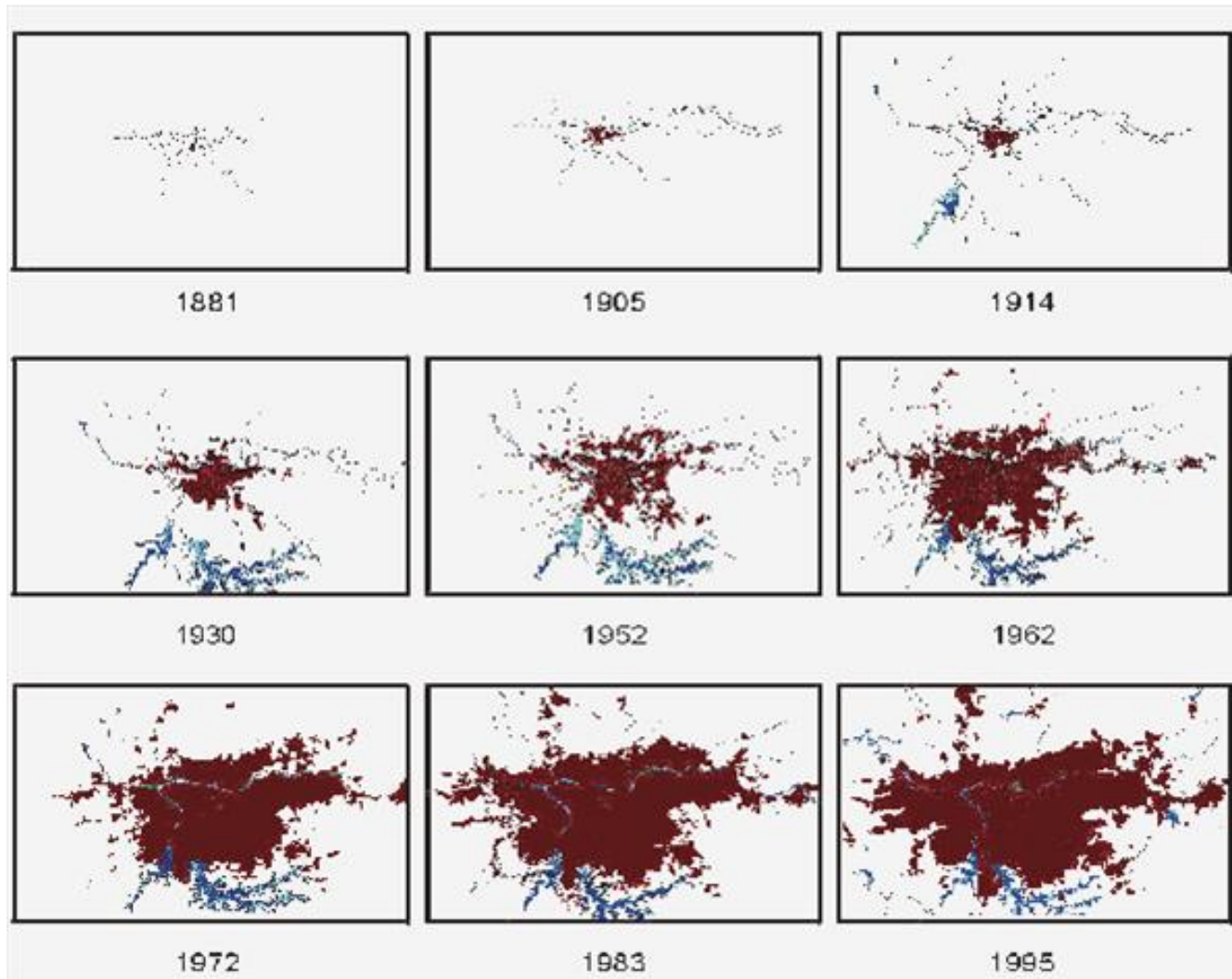
- ✓ 10.3 % da população brasileira (2010)
- ✓ 18.9 % do PIB nacional (2009)

O município de São Paulo é o núcleo da RMSP

- ✓ 5.9 % da população brasileira (2010)
- ✓ 12.0 % do PIB nacional (2009)

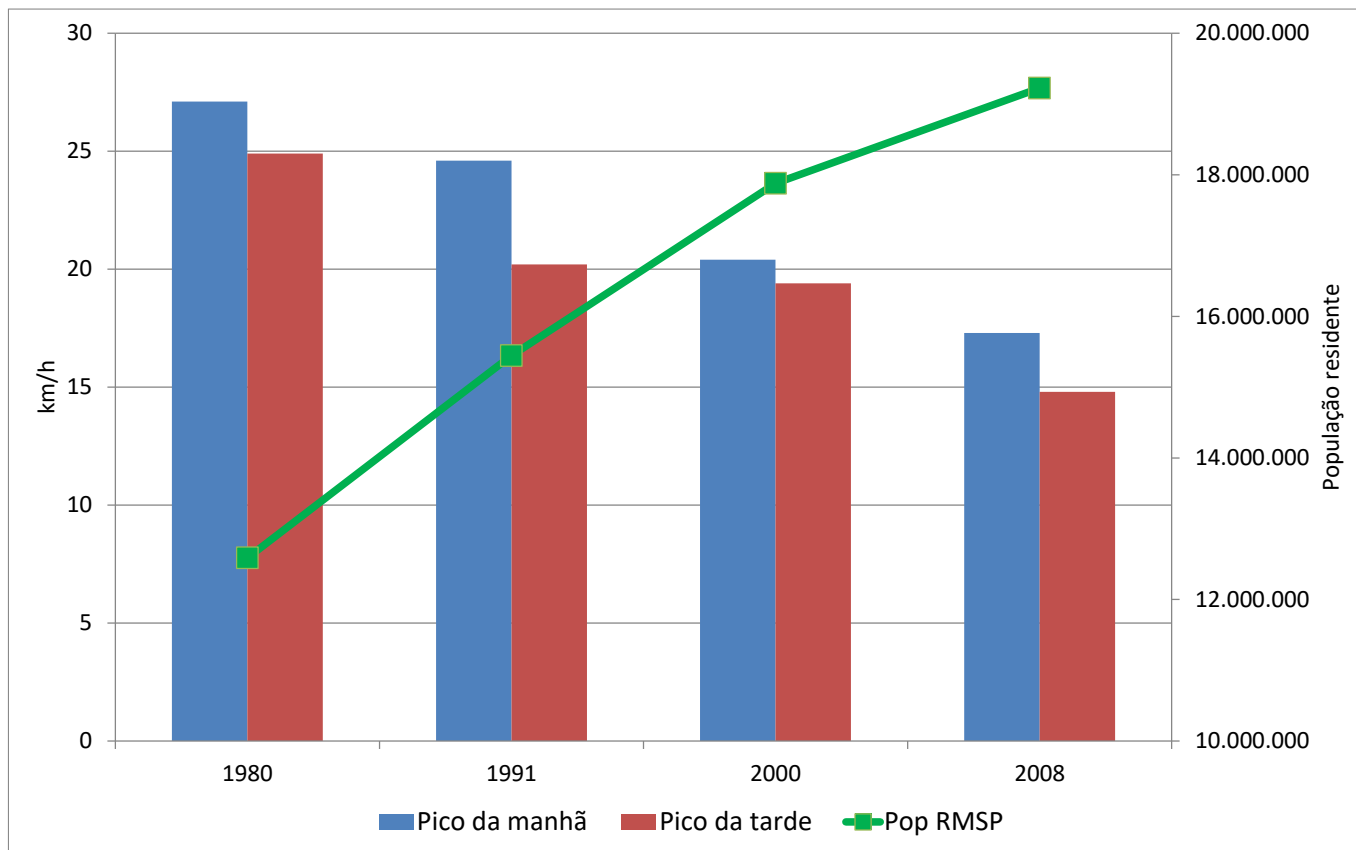
	<i>Área (000 km²)</i>	<i>População (000 000)</i>	<i>PIB (USD bilhões)</i>	<i>PIB per capita (USD)</i>	<i>IDH 2000</i>
<i>São Paulo</i>	1.5	11.3	194	17,221	0.841
<i>SPMR</i>	7.9	19.7	306	15,558	0.813
<i>Brasil</i>	8,514.9	190.8	1,619	8,486	0.665

O rápido processo de expansão urbana de São Paulo...



... não foi acompanhado pela provisão de infraestrutura adequada

Velocidade média no trânsito na cidade de São Paulo nos horários de pico (em km/h) versus população residente na RMSP



Abordagem tradicional para se estimar os impactos diretos de projetos de transporte

Estimativas de valor da hora de “não trabalho” despendida em transporte

- Evidências a partir de estudos de escolha modal sugerem que o valor do tempo economizado em deslocamentos dos trabalhadores representa um percentual (multiplicador) de seu salário-hora (10% a 50%)

Informações sobre variações nos tempos de viagem

Parâmetros do mercado de trabalho do espaço econômico de referência

O que devemos levar em consideração para se calcular os efeitos econômicos sistêmicos?

Heterogeneidade (individual e espacial)

Fluxos de renda e de bens e serviços em um contexto metropolitano

Mobilidade *versus* Acessibilidade

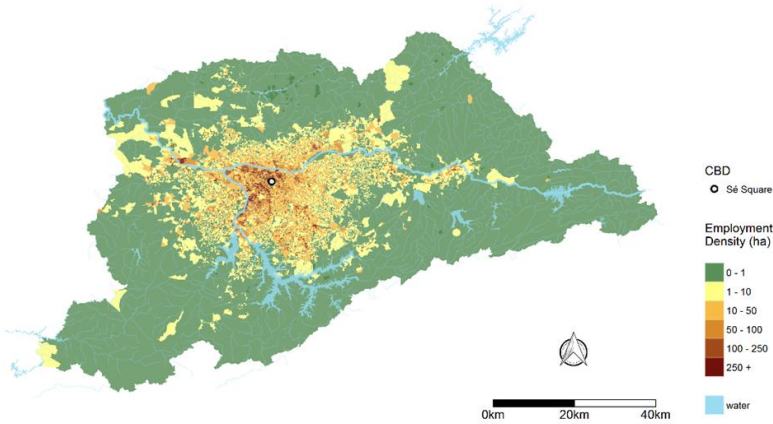
Efeitos sobre produtividade dos trabalhadores

Oferta e demanda de serviços de transportes

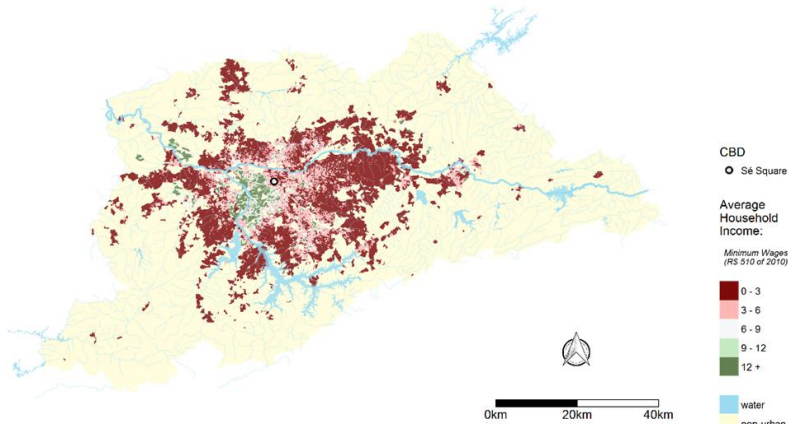
Teoria econômica

São Paulo Metropolitan Region (SPMR)

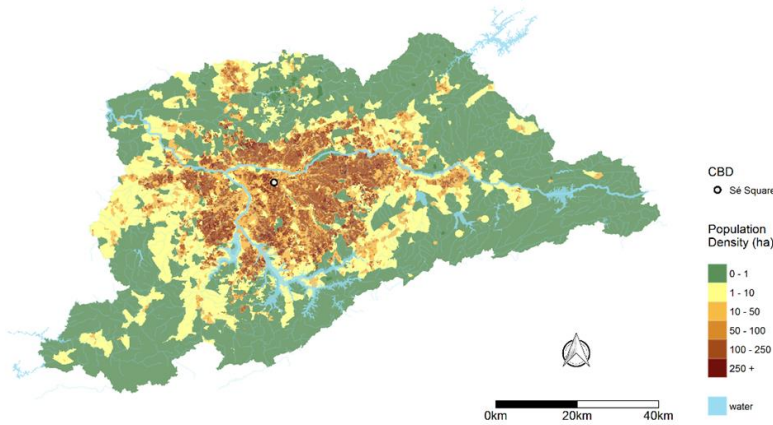
Employment density



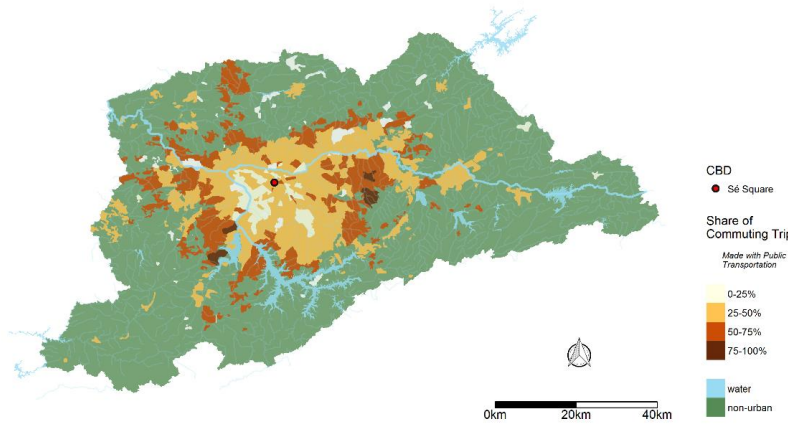
Average household income



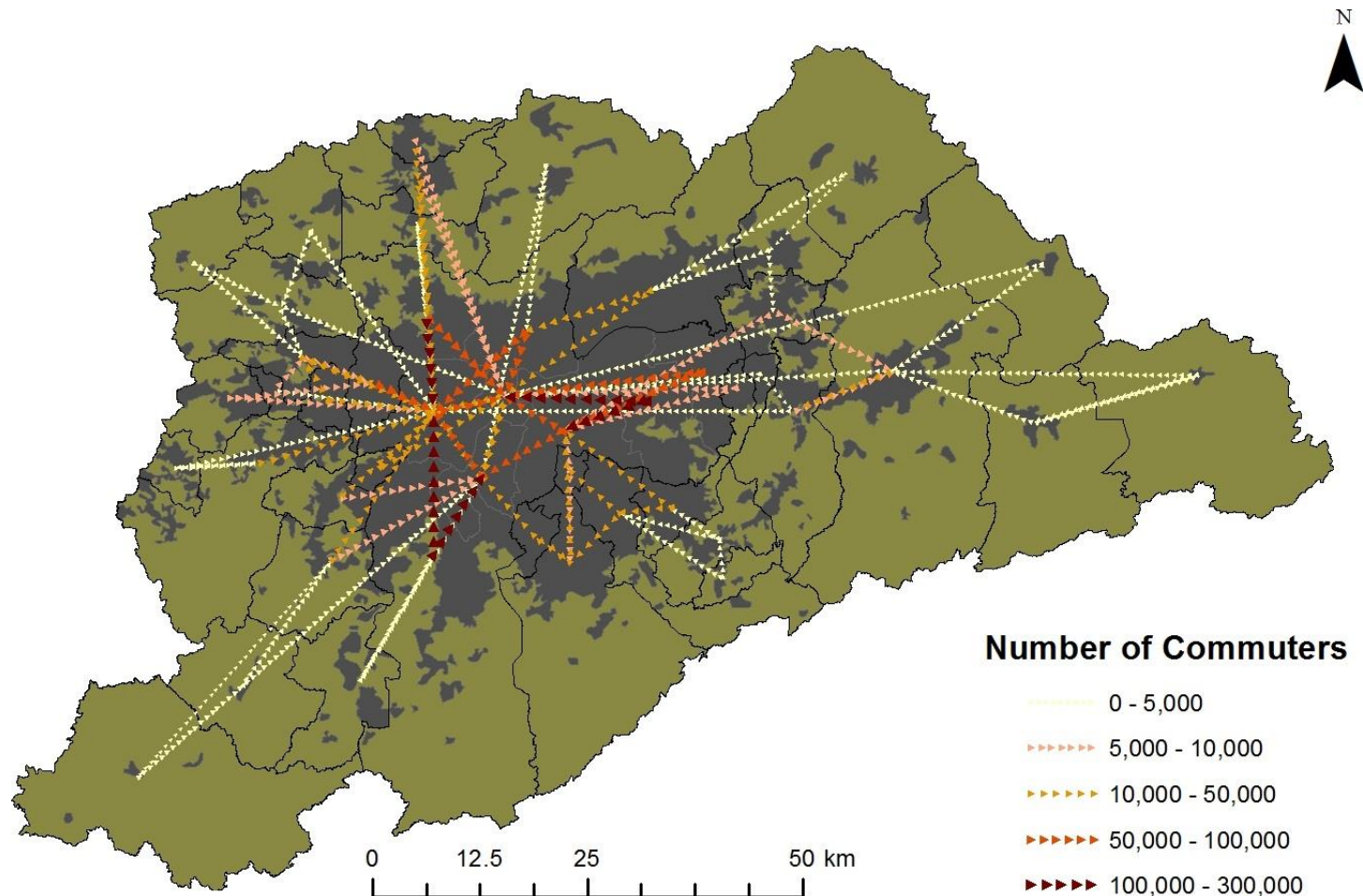
Population density



Share of commuting by public transportation



A cidade de São Paulo recebe diariamente um fluxo de um milhão de trabalhadores



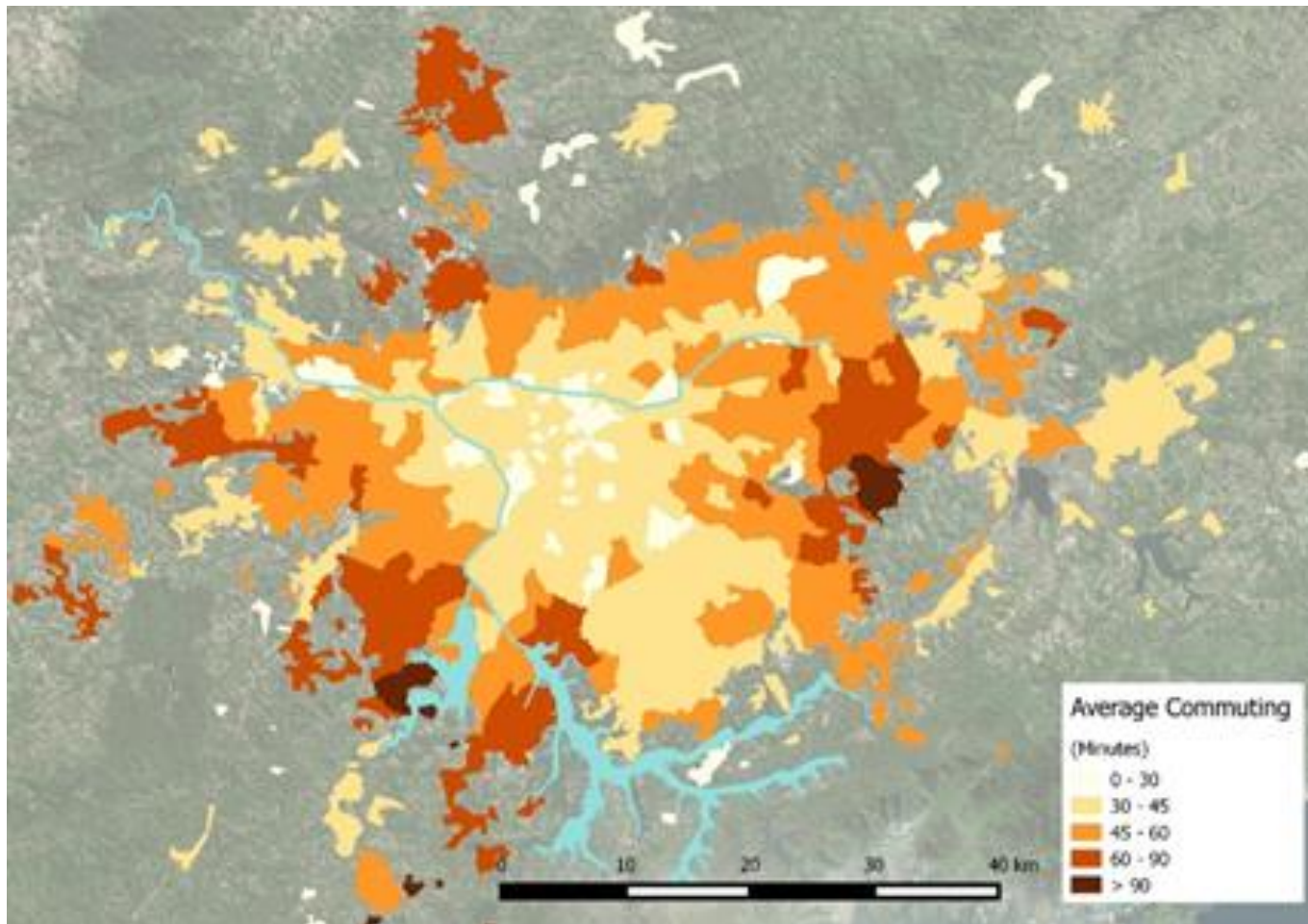
Mode Share and Average Commuting Time (Home to Work Trips)

	Nº of Trips	% of Trips	Average Trip Duration (minutes)
Transit	7,393,206	58.6%	68.2
Bus	6,872,412	43.8%	67.8
Subway	1,354,285	8.6%	66.0
Rail	969,525	6.2%	81.5
Private Vehicle	4,548,993	32.3%	36.5
Car Driver	3,682,845	23.5%	37.4
Car Passenger	834,739	5.3%	35.3
Táxi	31,409	0.2%	30.4
Motorcycle	519,916	3.3%	28.1
Other	3,355,176	21.4%	16.3
Walking	3,097,319	19.7%	16.2
Bicycle	214,416	1.4%	20.4
Other	43,441	0.3%	73.6
Total	15,693,904	100%	44.1

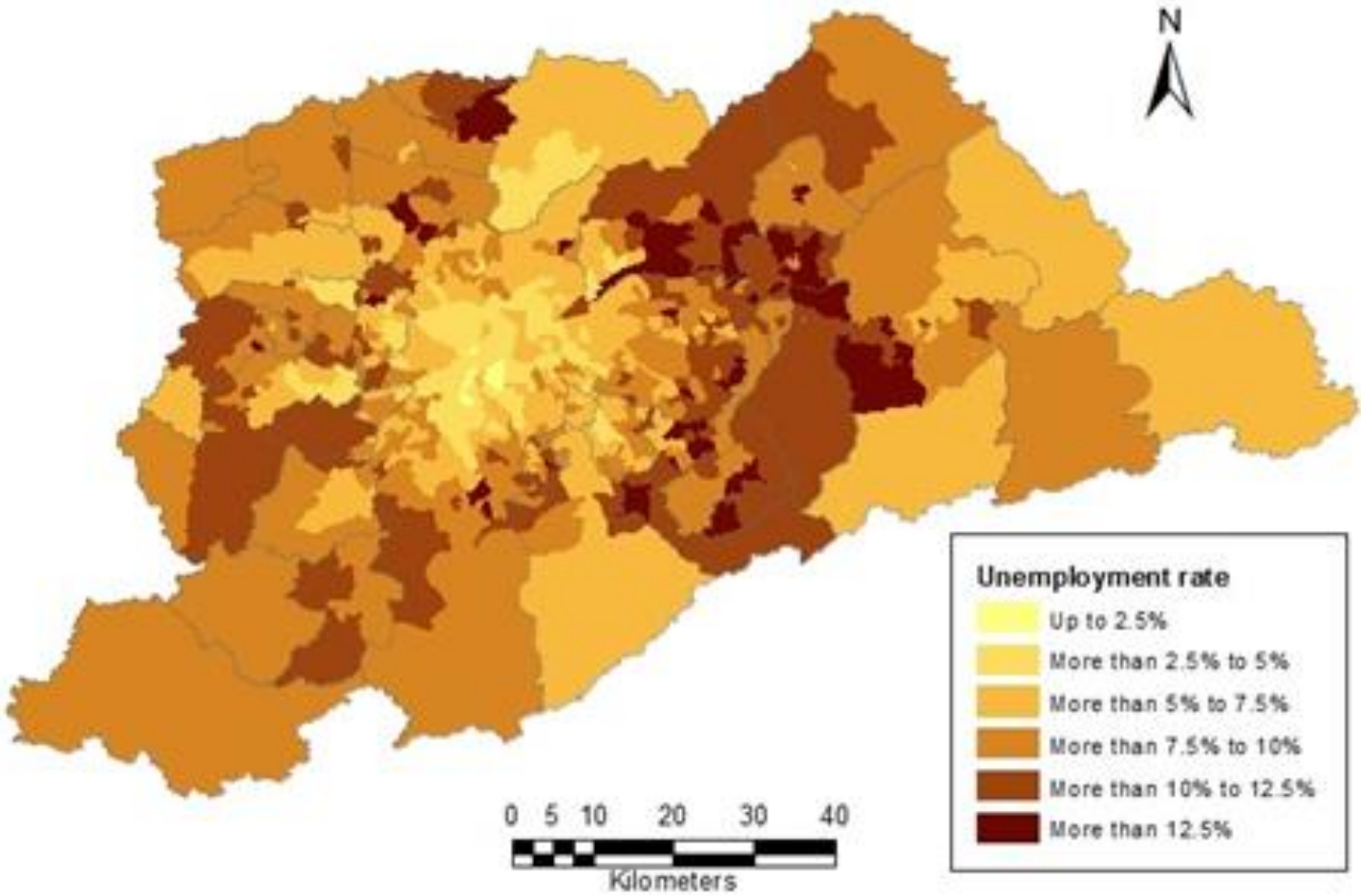
Mode Share and Commuting Time by Income Group (Home to Work Trips)

Household Income (MWs)	Mode Share				Average Duration (Minutes)
	Transit	Private Vehicle	Walking	Bike	
0 - 1	48.8%	14.9%	33.3%	3.0%	47.6
1 - 2	56.3%	15.1%	26.2%	2.4%	56.0
2 - 5	54.1%	22.5%	21.9%	1.5%	52.5
5 - 10	41.5%	43.4%	14.5%	0.6%	47.4
> 10	22.7%	68.2%	8.9%	0.3%	42.3

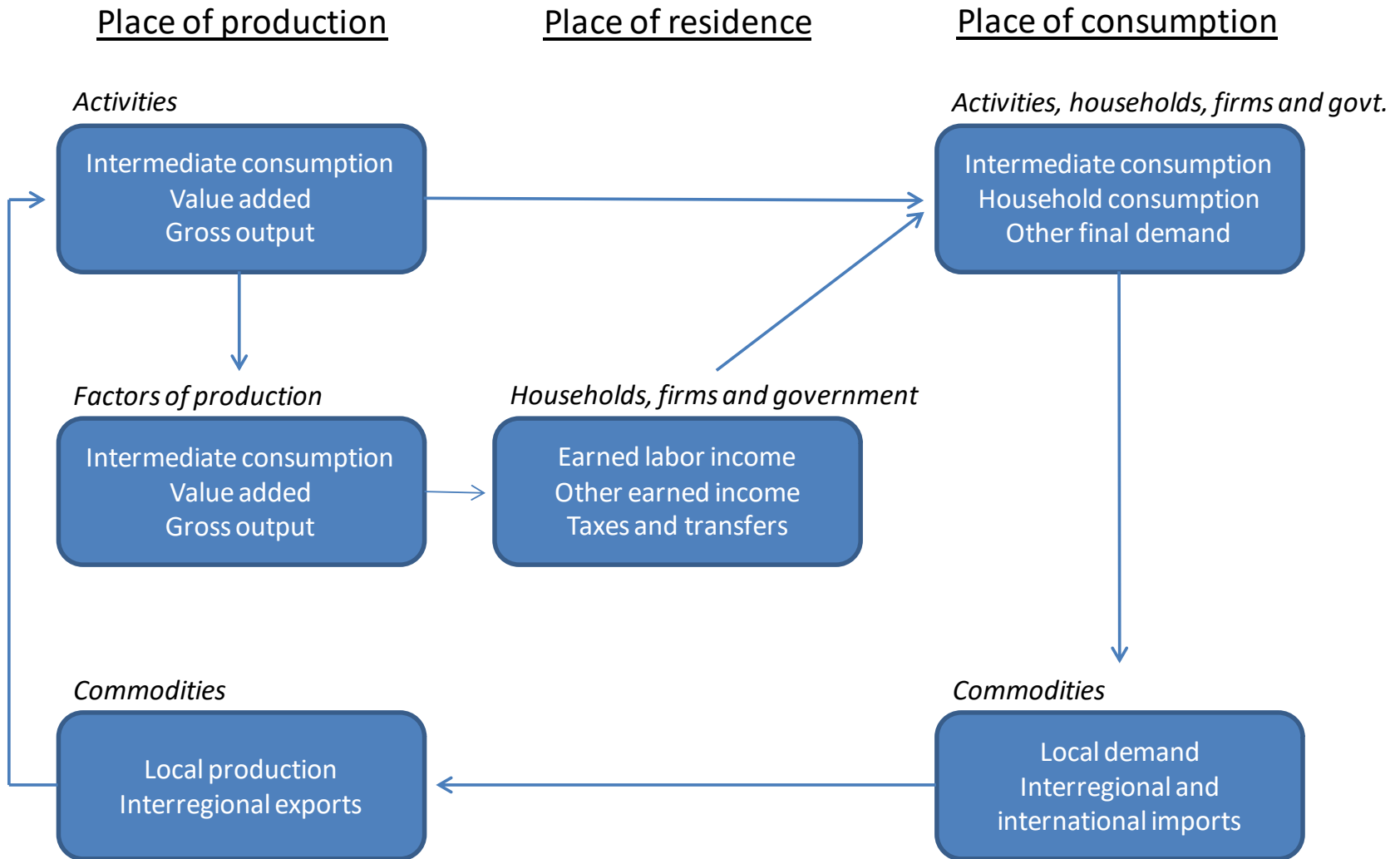
Average Commuting Time



Unemployment Rate in SPMR, 2010



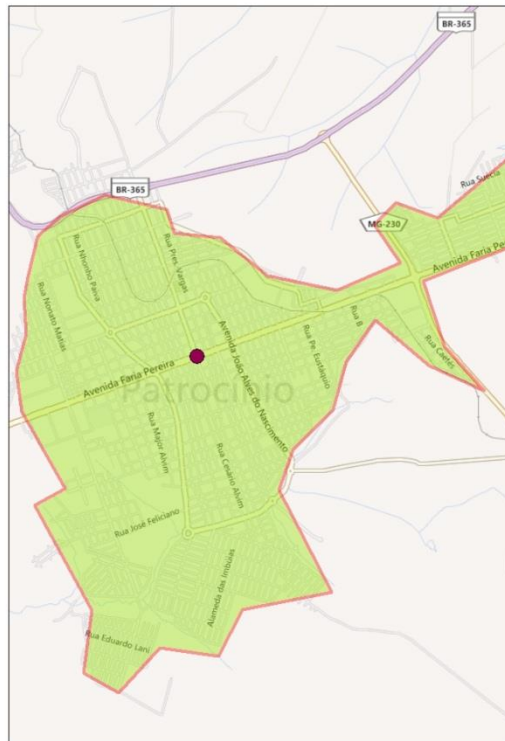
Fluxos de renda e de bens e serviços em um contexto metropolitano



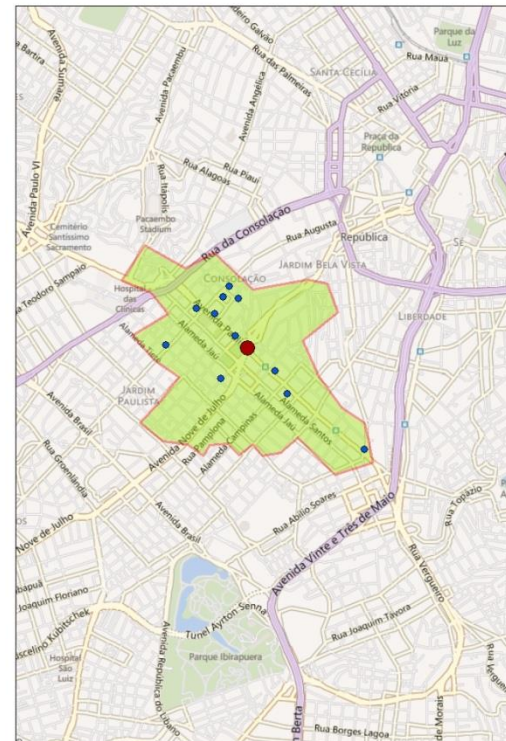
Mobilidade X Acessibilidade

"Mobilidade é a capacidade de se deslocar no espaço"

"A acessibilidade é definida como o potencial de oportunidades de interação"



Patrocínio - MG



São Paulo - SP

Mobilidade X Acessibilidade

Altos níveis de mobilidade podem refletir (mas não necessariamente refletem) altos níveis de acessibilidade...



Tempo de deslocamento e produtividade

Trabalhadores que levam mais tempo no deslocamento diário de casa para o trabalho são menos produtivos

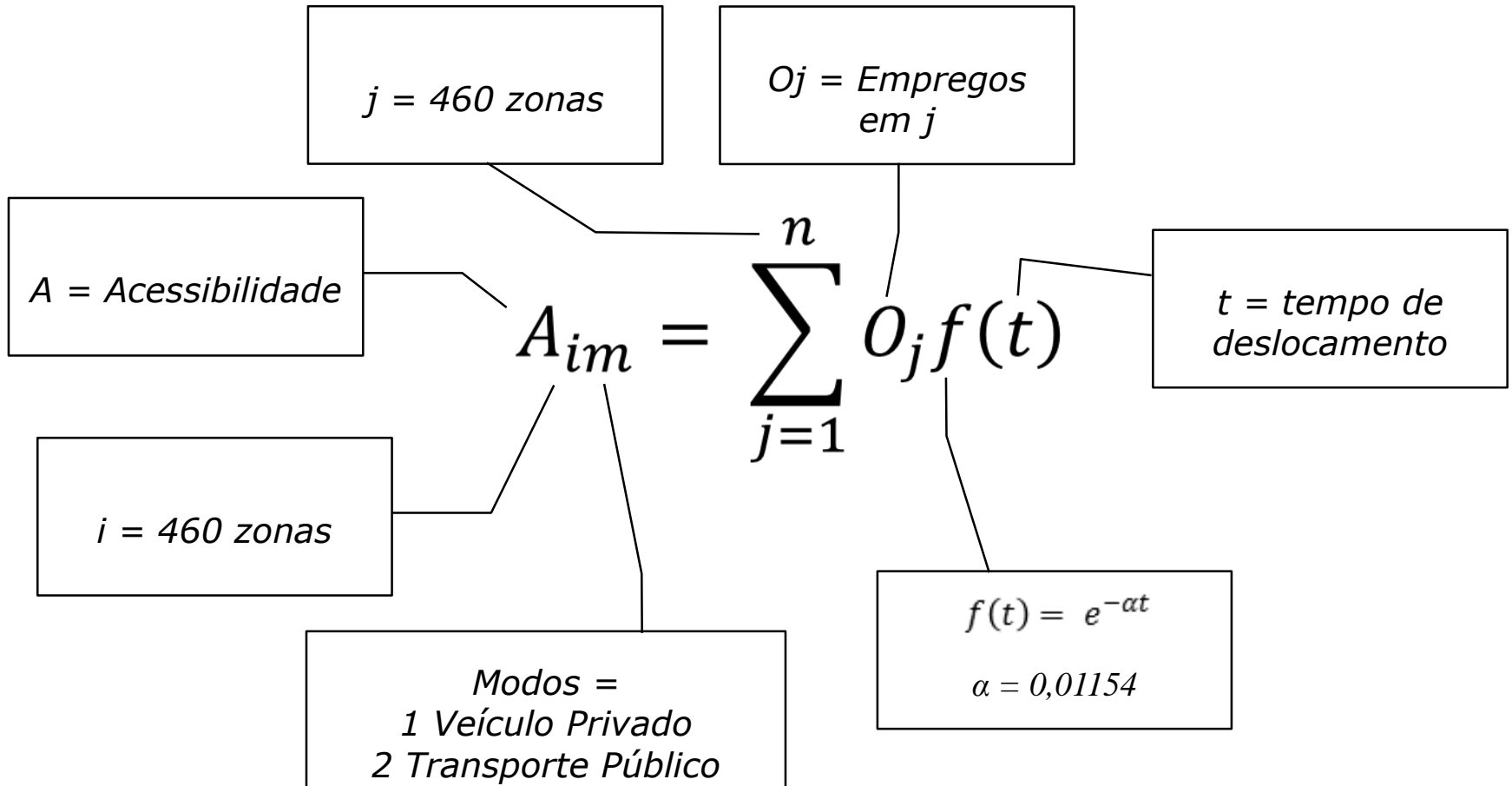
- Apoio teórico (Zenou e Smith, 1995; Zenou, 2002; Brueckner e Zenou, 2003; Ross e Zenou, 2008; Zenou, 2008)
- Esforço do trabalhador depende negativamente da duração do deslocamento
- Apoio empírico (Van Ommeren e Gutiérrez-i-Puigarnau, 2009; Porsse et al., 2012)
- Tempo excessivo no trânsito pode induzir trabalhador a chegar atrasado ou sair mais cedo, ou mesmo se ausentar do trabalho com maior frequência, reduzindo sua produtividade

Acessibilidade ao trabalho e produtividade

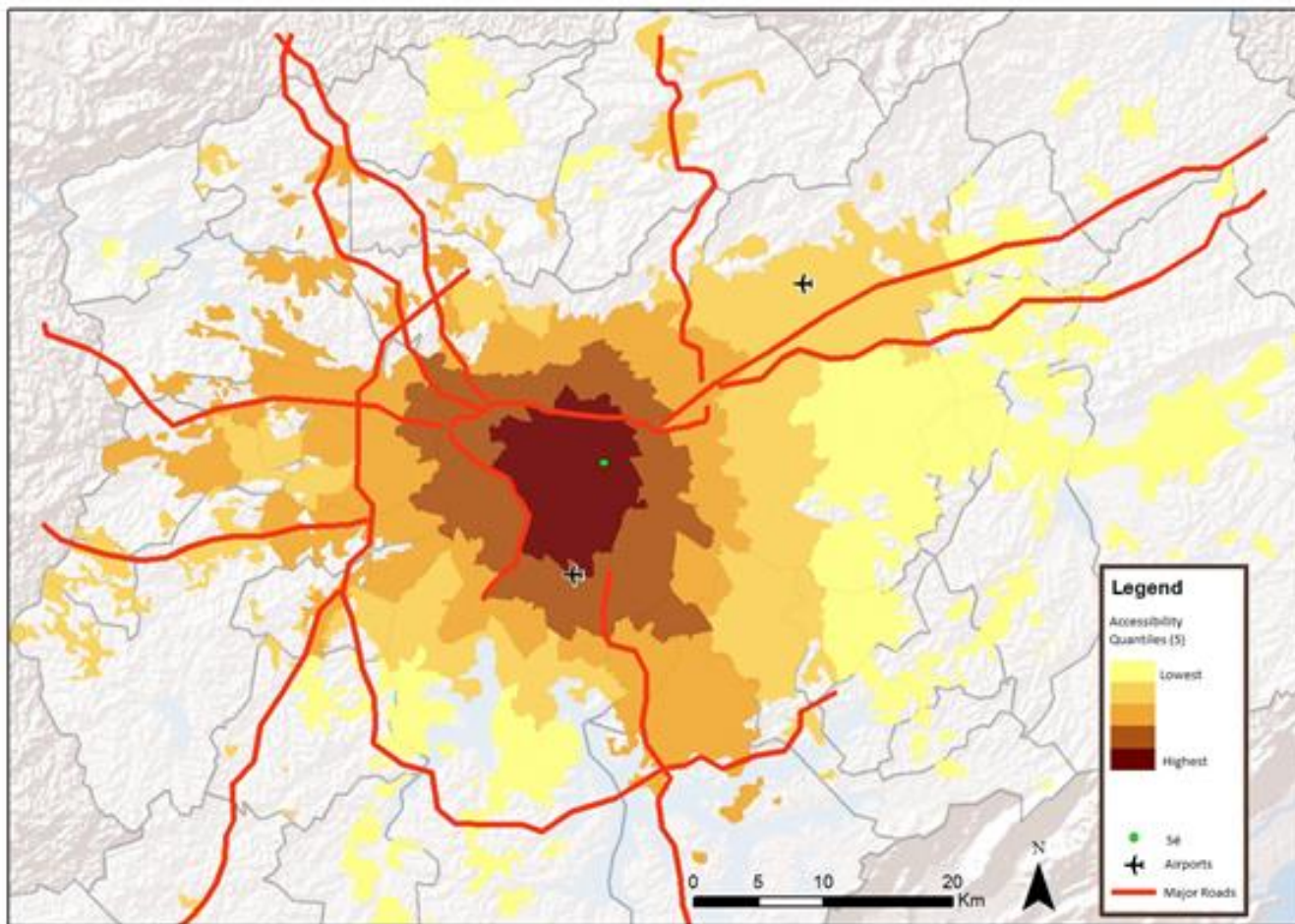
Trabalhadores com maior acessibilidade aos empregos disponíveis são mais produtivos

- Apoio teórico ("*matching*")
- Tamanho efetivo do mercado de trabalho
 - Eficiência do sistema de transportes
 - Localização relativa dos empregos e das residências
 - Ajuda a explicar produtividade do trabalhador
- Quantos empregos um trabalhador pode acessar em 60 minutos?
- Apoio empírico

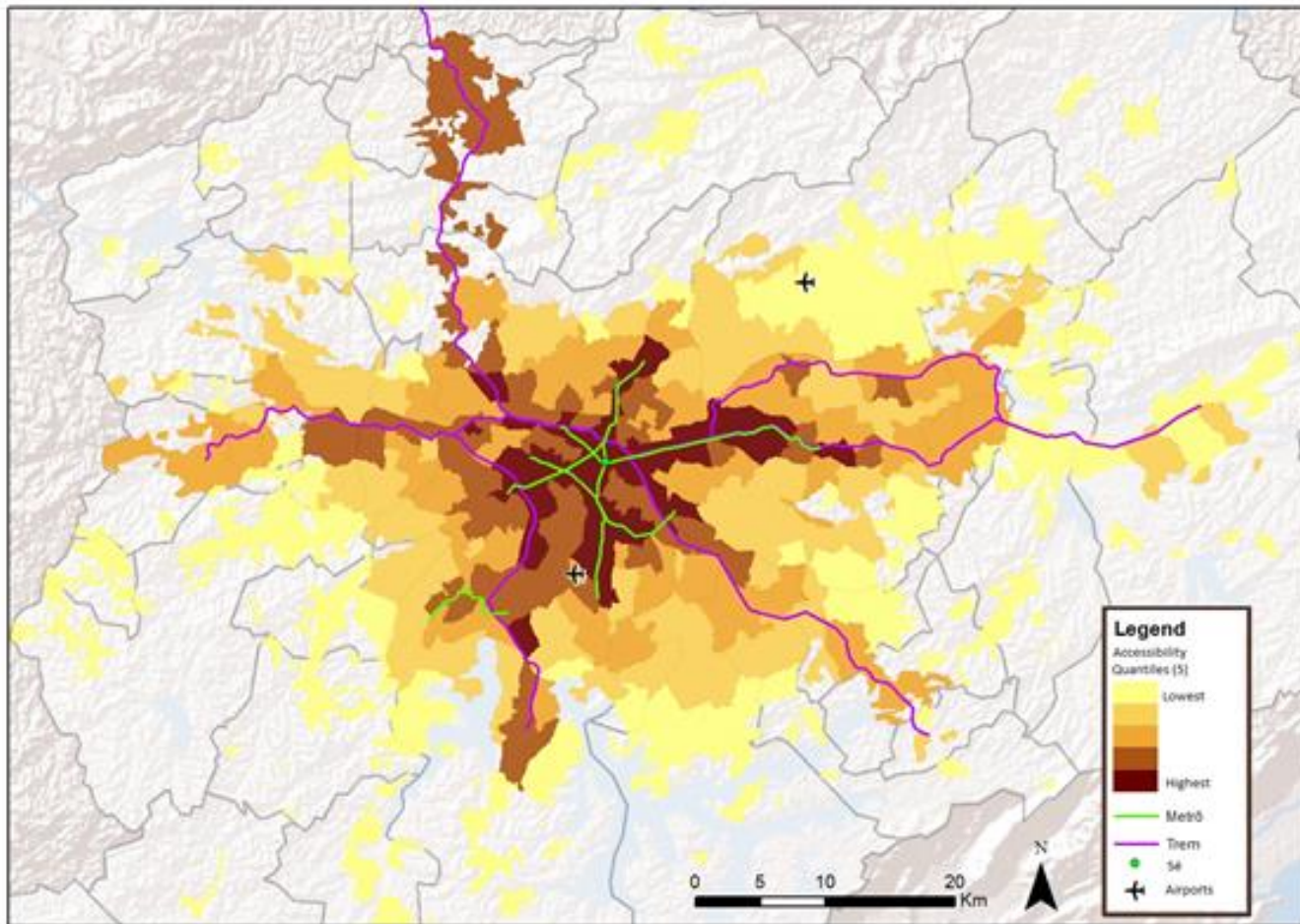
A fórmula de Hansen



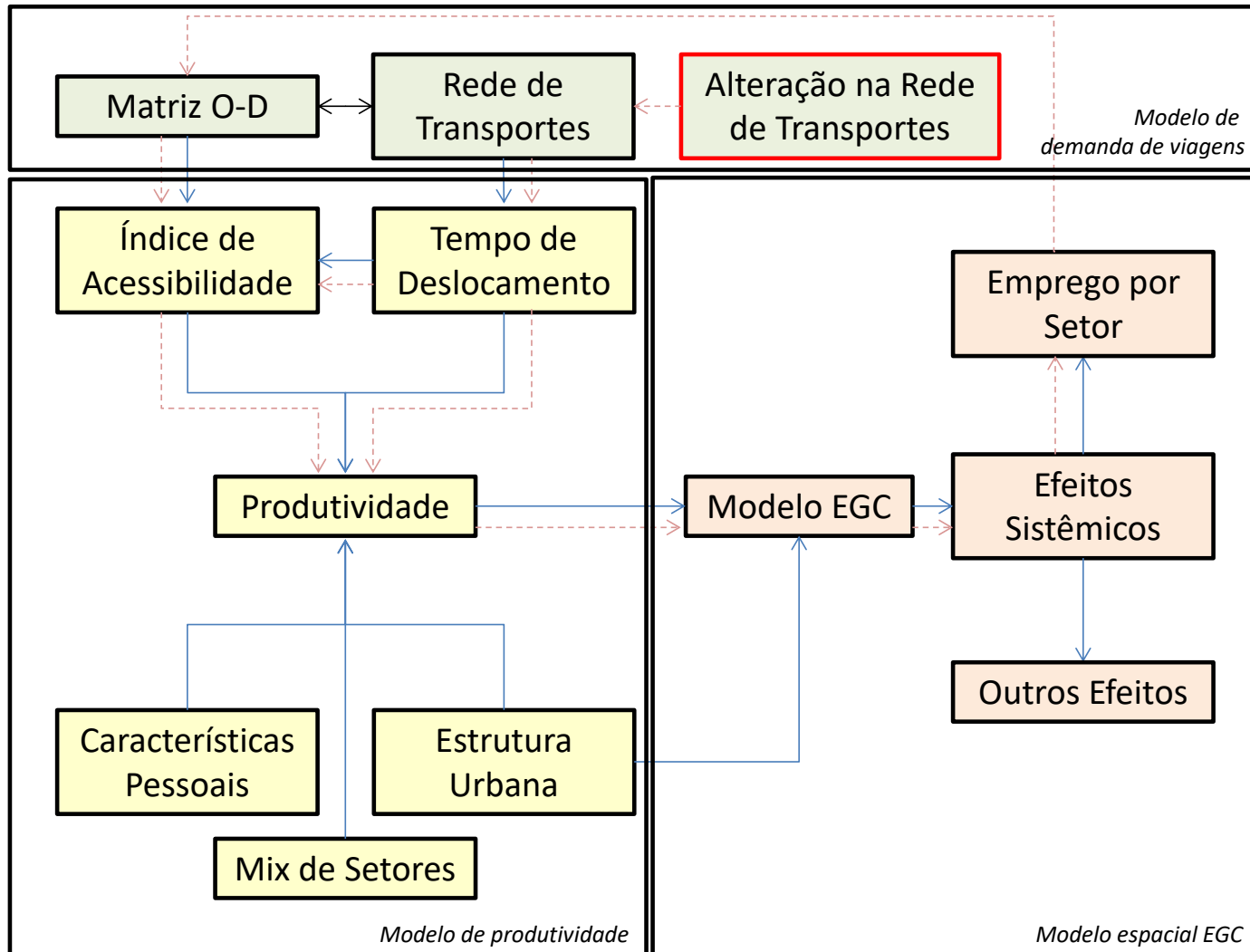
Índice de Acessibilidade via Veículo Privado na RMSP



Índice de Acessibilidade via Transporte Público RMSP



A modelagem integrada



Características básicas do modelo espacial EGC

Modelo de otimização

Sistema metropolitano de insumo-produto (fluxos de renda e de comércio)

Foco na RMSP

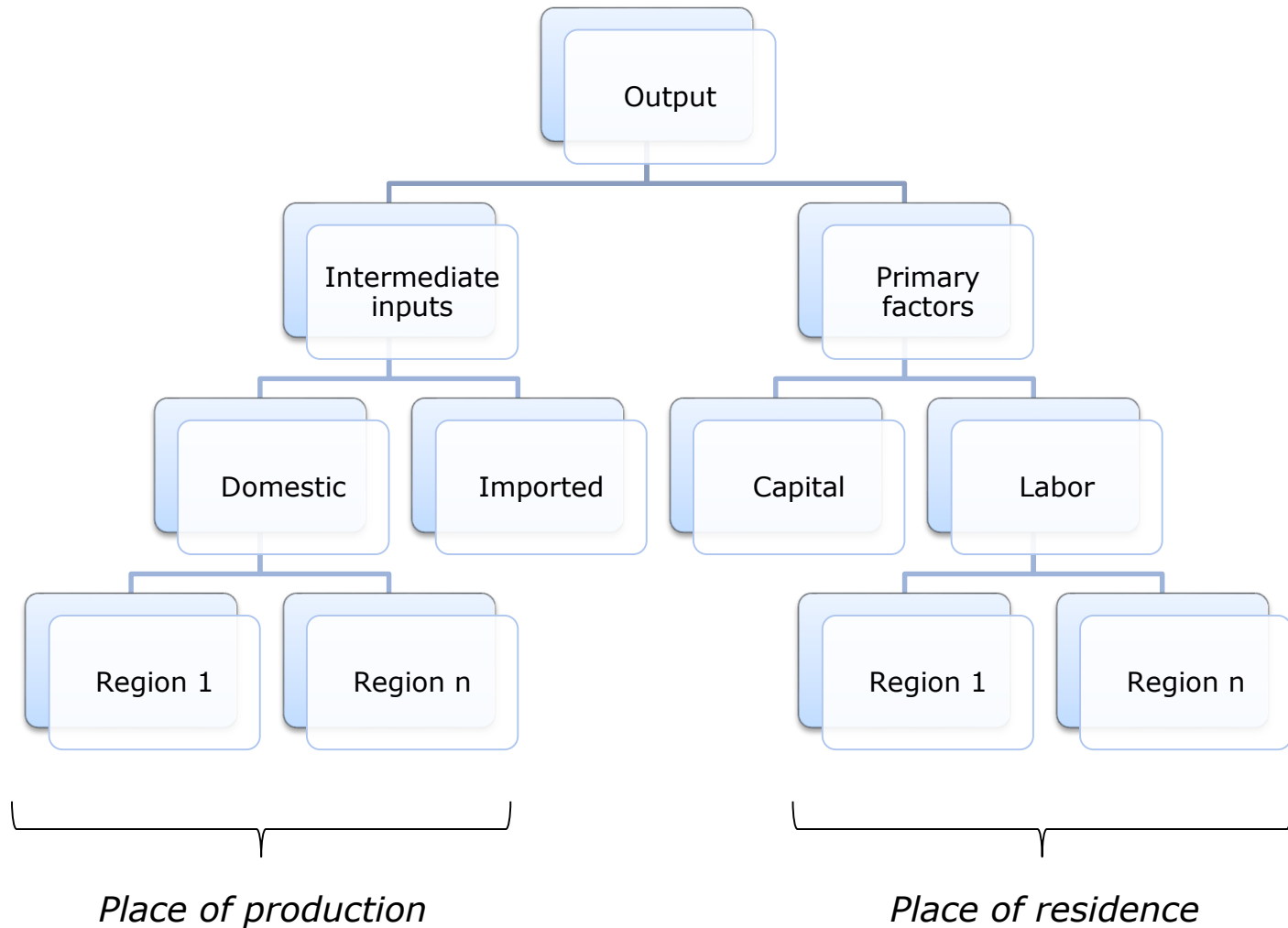
- 39 municípios + restante do Estado de SP + restante do Brasil
- 56 setores, 110 produtos

Banco de dados em nível municipal (2008)

Mapeamento dos pagamentos de salários do local de trabalho para o local de residência

Padrões de consumo das famílias distintos por local de residência

Função de produção do setor j no município r



Parâmetros usados na micro-simulação não comportamental

Dependent variable = WAGE

<i>Variables</i>	<i>Coefficients</i>
TIME	-0.02714
ACCESS	0.23321
C	5.77565
GENDER	-0.25140
IND	0.07823
SERV	0.02660
EDUC2	0.10212
EDUC3	0.24925
EDUC4	0.49347
EDUC5	1.13517
AGE	0.03880
AGESQ	-0.00029
PLACE OF WORK DUMMIES	YES

WAGE = wage (log); TIME = commuting time (log); ACCESS = accessibility index – public transportation (log); GENDER = dummy variable – female =1; IND = dummy variable for sectoral of activity – manufacturing = 1; SERV = dummy variable for sectoral of activity – service = 1; EDUC2 = dummy variable for schooling – elementary; EDUC3 = dummy variable for schooling – middle school; EDUC4 = dummy variable for schooling – high school; EDUC5 = dummy variable for schooling – college; AGE = age; AGESQ = square of age.

Simulações

Valoração econômica do tempo de deslocamento dos trabalhadores na RMSP

- Qual o valor, em termos de bem-estar e eficiência, de uma hora gasta no trânsito da RMSP?
- Quais regiões são mais afetadas?

Estimativa das perdas econômicas

- **Quanto custa ficar parado no trânsito em São Paulo?**

Síntese dos fechamentos

<i>Ajustamento</i>	<i>Período</i>	<i>Efeito acessibilidade</i>	<i>Estoque de capital</i>
Curtíssimo prazo	6-12 meses	Não	Exógeno
Curto prazo	1-3 anos	Sim	Exógeno
Longo prazo	5-10 anos	Sim	Endógeno

Simulações: perdas econômicas

Em que medida o tempo despendido no deslocamento da residência para o trabalho gera perdas potenciais para a economia da RMSP e do Brasil?

Equação do tempo médio de deslocamento dos trabalhadores (Desmet e Rossi-Hansberg, 2013)

- Valor esperado do tempo médio de deslocamento para o trabalho na RMSP
- Há (e em que magnitude) fricções de mobilidade excessivas na RMSP?

Impactos da eliminação de “excesso” de fricções de mobilidade no espaço metropolitano sobre o bem-estar das famílias (consumo real) e a eficiência econômica (PIB real)

Desmet e Rossi-Hansberg (2013)

Urban Accounting

Especificação teórica em equilíbrio geral de um sistema de cidades

Permite identificar relações entre o tempo de deslocamento dos trabalhadores e variáveis estruturais relacionadas a eficiência (E), amenidades (A) e fricções de aglomerações urbanas (F)

$$tempo_i = \alpha + \beta E_i + \gamma A_i + \delta F_i + u_i$$

Qual seria o valor esperado do tempo médio de deslocamento dos trabalhadores?

$$\begin{array}{ccc} \text{Valor esperado} & \times & \text{Valor observado} \\ \downarrow & & \downarrow \\ \approx 70 \text{ min} & < & \approx 100 \text{ min} \end{array}$$

Considerando aspectos estruturais do espaço econômico metropolitano, a RMSP apresenta fricções específicas que sugerem um potencial para melhoria da mobilidade urbana

"Fricções de mobilidade excessivas"

Ganho potencial de produtividade = 15,75%
(variando de 12,6% a 18,9% por município de destino)

Impacto do tempo de deslocamento no PIB, por região, 2010 – cenário de eliminação do excesso de fricções de mobilidade

	<i>% do PIB total</i>		
	<i>Curtíssimo prazo</i>	<i>Curto prazo</i>	<i>Longo prazo</i>
São Paulo	0,20%	3,52%	10,94%
RMSP	0,19%	4,49%	12,89%
Resto do Estado	0,01%	0,17%	2,41%
Resto do Brasil	0,00%	0,02%	0,61%
BRASIL	0,04%	0,73%	2,83%

Brasil perde R\$ 156,2 bilhões com a morosidade do trânsito em São Paulo

Moradores da Região Metropolitana de São Paulo gastam meia hora a mais do que deveriam no deslocamento entre as residências e os locais de trabalho.

Se o excesso de tempo fosse eliminado, o PIB nacional cresceria em 2,83%. E a cidade absorveria 50% do benefício.

Quais os impactos distributivos de políticas de mobilidade urbana?

Melhor entendimento dos impactos distributivos de melhorias na mobilidade urbana (***trade-offs***)

1. Investimentos em infraestrutura:

- Expansão da rede de transporte público

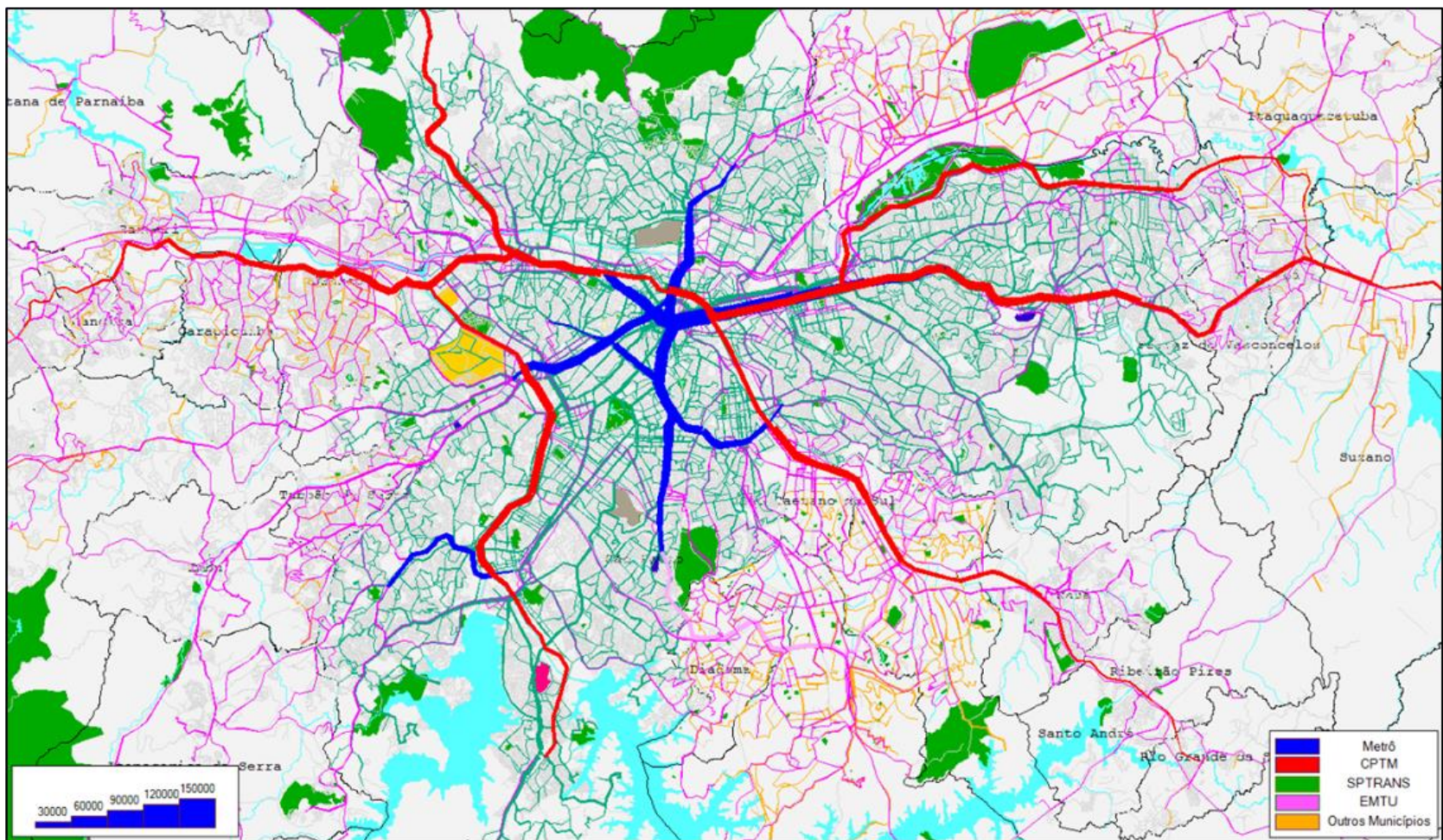
2. Políticas de mobilidade urbana:

- Restrição ao uso de automóveis

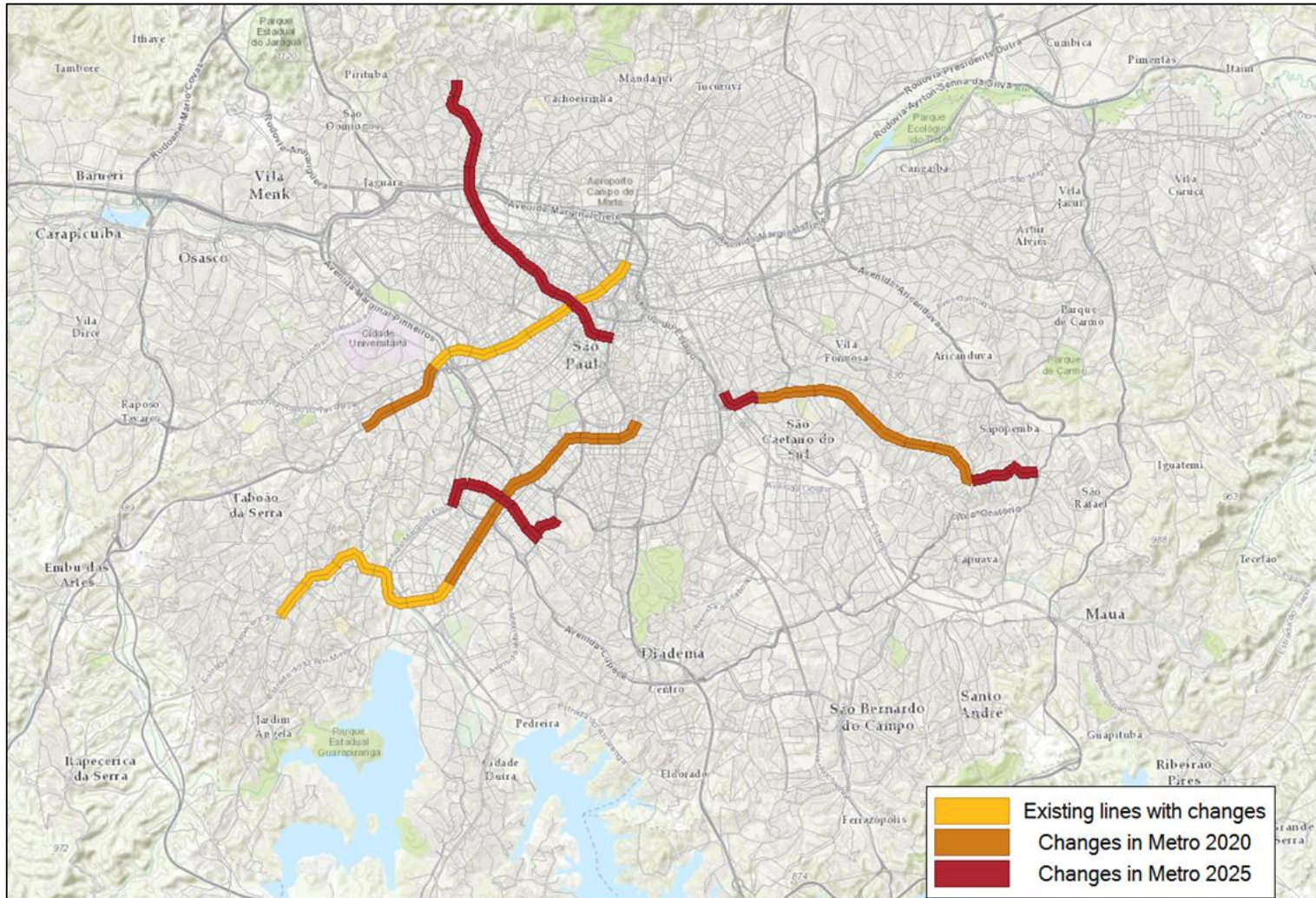
Simulação de 10 cenários

Cenário	Descrição
Cenário 0	Cenário Base
Cenário 1	Metrô+CPTM 2020
Cenário 2	Metrô+CPTM+BRT 2020
Cenário 3	Metrô+CPTM 2025
Cenário 4	Metrô+CPTM+BRT 2025
Cenário 5	Metrô+CPTM+BRT 2025 + aumento de 30% nos combustíveis
Cenário 6	Aumento de 30% nos combustíveis
Cenário 7	Pedágio Urbano de R\$ 5,00
Cenário 8	Aumento de 50% no valor de estacionamento na RMSP
Cenário 9	Aumento de 50% no valor de estacionamento no centro expandido
Cenário 10	Aumento de 50% no valor de estacionamento e cobrança em todas as vagas de meio fio no centro expandido

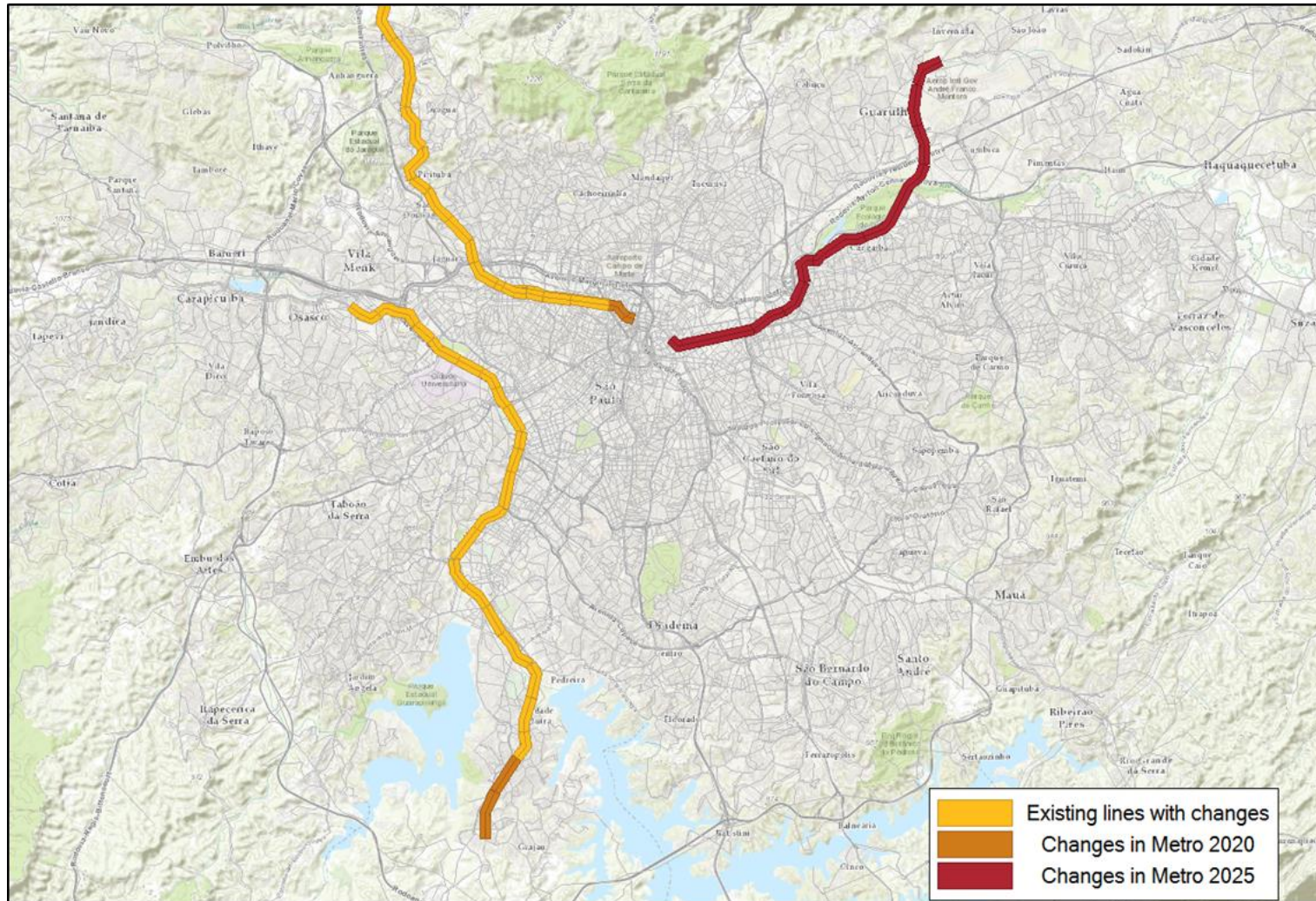
Rede de transporte público atual



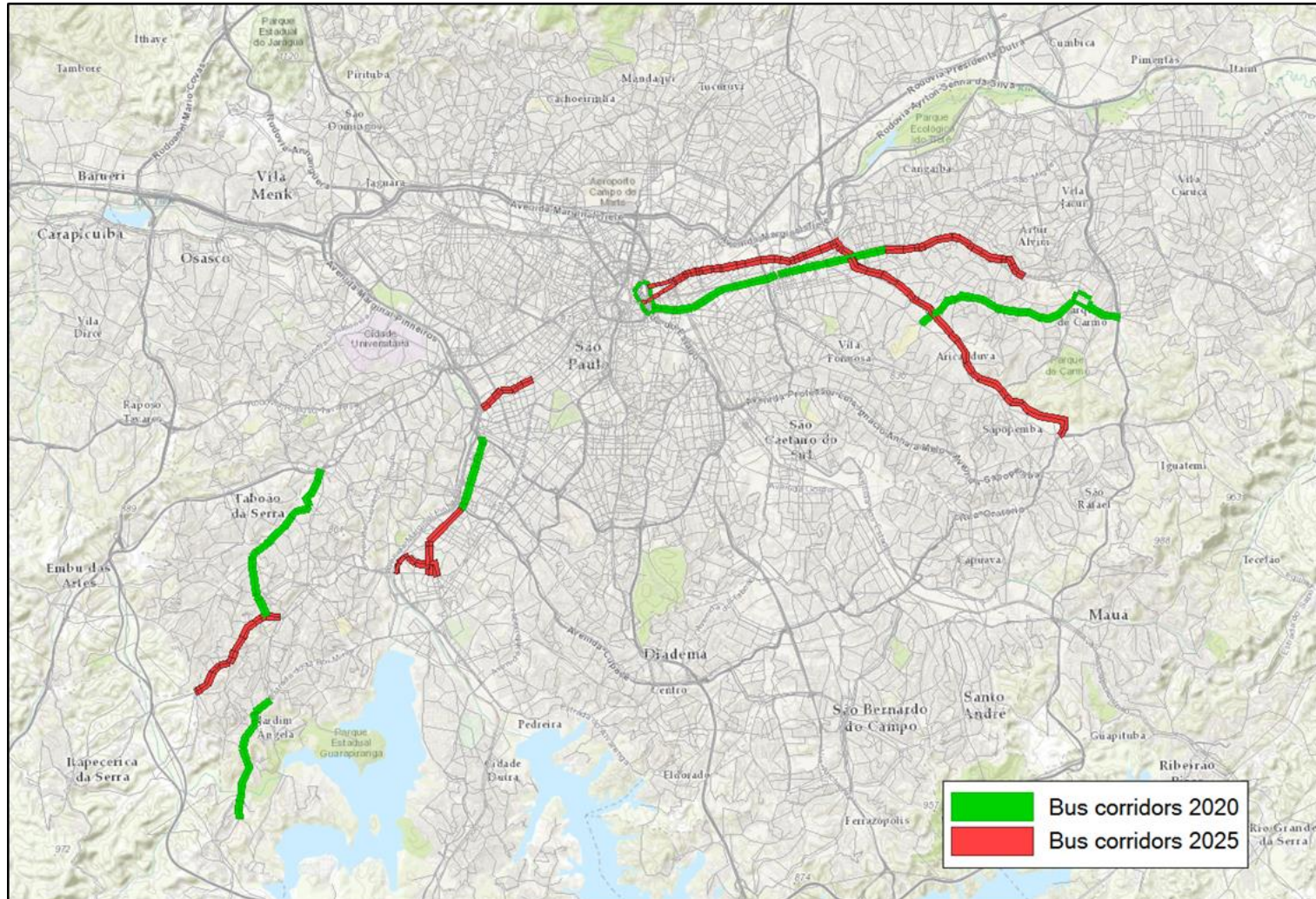
Expansão do metrô – 2025



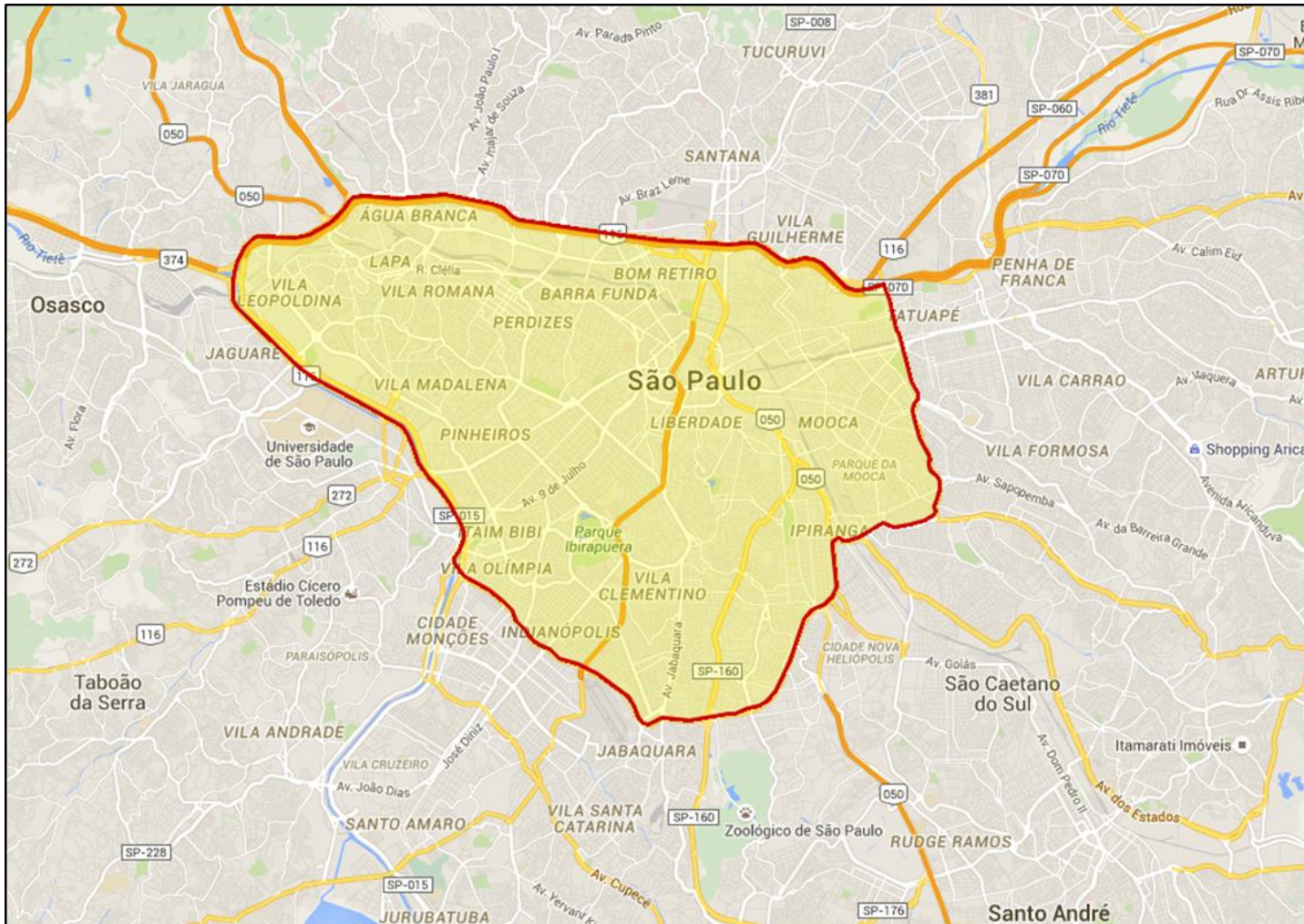
Expansão do trem urbano (CPTM) – 2025



Expansão do BRT- 2025



Centro expandido de São Paulo



Resultados – alterações modais

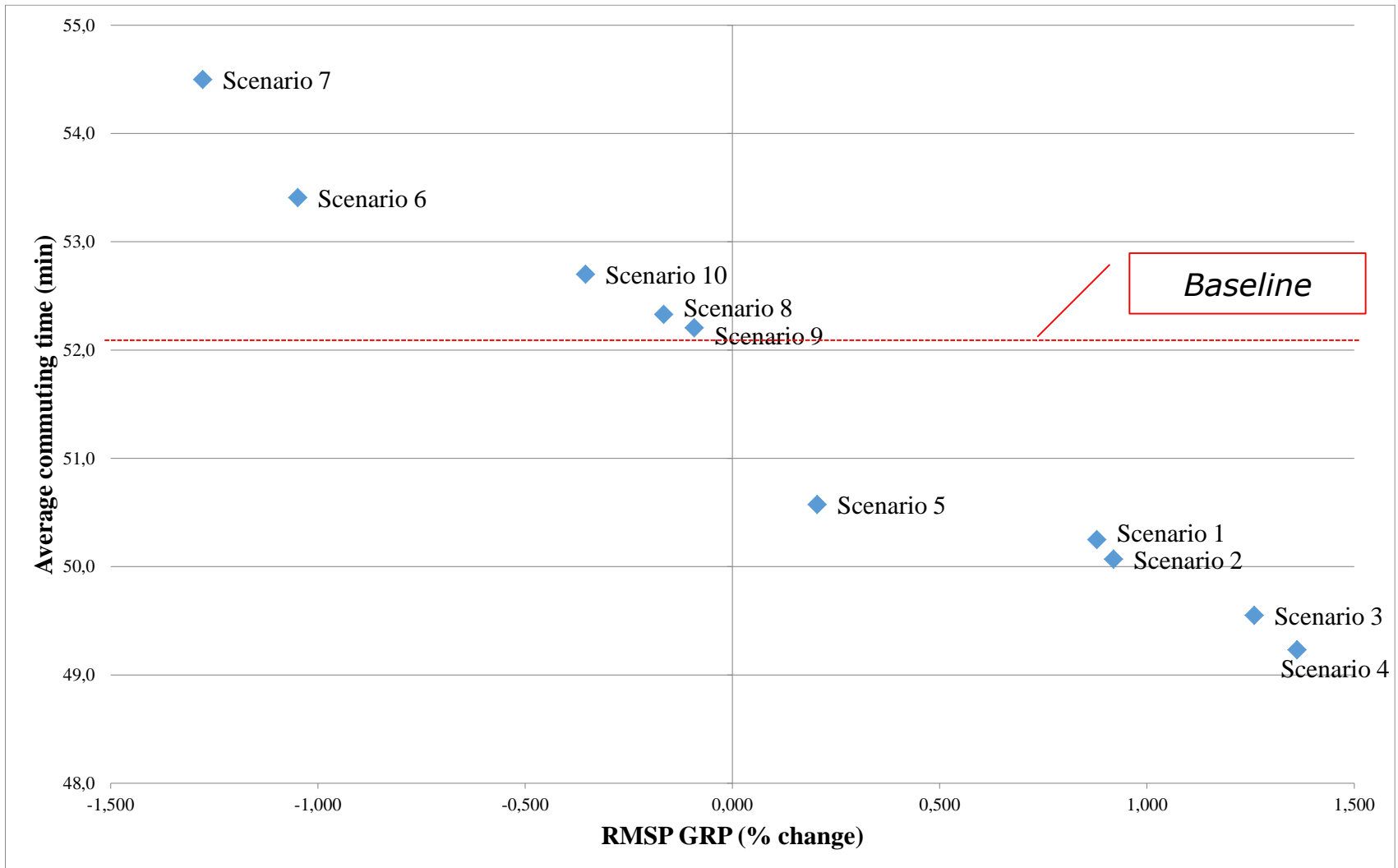


Cenário	Descrição	Viagens modo individual	Viagens modo coletivo	Percentual no modo coletivo (%)
Cenário 0	Cenário Base	1,211,347	1,605,276	57.0%
Cenário 1	Metrô+CPTM 2020	1,211,951	1,604,674	57.0%
Cenário 2	Metrô+CPTM+BRT 2020	1,210,189	1,606,436	57.0%
Cenário 3	Metrô+CPTM 2025	1,203,601	1,613,022	57.3%
Cenário 4	Metrô+CPTM+BRT 2025	1,200,579	1,616,044	57.4%
Cenário 5	Metrô+CPTM+BRT 2025 + aumento de 30% nos combustíveis	1,097,304	1,719,319	61.0%
Cenário 6	Aumento de 30% nos combustíveis	1,118,669	1,697,954	60.3%
Cenário 7	Pedágio Urbano de R\$ 5,00	1,114,858	1,701,766	60.4%
Cenário 8	Aumento de 50% no valor de estacionamento na RMSP	1,182,994	1,633,630	58.0%
Cenário 9	Aumento de 50% no valor de estacionamento no centro expandido	1,192,138	1,624,486	57.7%
Cenário 10	Aumento de 50% no valor de estacionamento e cobrança em todas as vagas de meio fio no centro expandido	1,158,818	1,657,807	58.9%

Resumo dos impactos

	<i>Baseline</i>	<i>Scenario 1</i>	<i>Scenario 2</i>	<i>Scenario 3</i>	<i>Scenario 4</i>	<i>Scenario 5</i>	<i>Scenario 6</i>	<i>Scenario 7</i>	<i>Scenario 8</i>	<i>Scenario 9</i>	<i>Scenario 10</i>
<u>Travel Demand</u>											
Transit trips (% in total)	56.99	56.97	57.03	57.27	57.38	61.04	60.28	60.42	58.00	57.67	58.86
Generalized cost of private vehicle trips (in % change)	-	-0.095	-0.202	-0.457	-0.739	16.827	18.136	17.820	-0.599	-0.754	-0.555
Generalized cost of transit trips (in % change)	-	-4.721	-4.985	-6.716	-7.077	-7.601	-0.892	-0.344	-0.311	-0.262	-0.526
<u>Gini</u>											
Wage	0.6006	0.5976	0.5970	0.5957	0.5948	0.5847	0.5907	0.5893	0.5982	0.5990	0.5959
Commuting time	0.4120	0.4020	0.4010	0.3990	0.3973	0.3904	0.4044	0.3979	0.4094	0.4104	0.4061
<u>p 90 / p 10</u>											
Wage	4.65	4.66	4.65	4.74	4.54	4.25	4.63	4.67	4.65	4.65	4.66
Commuting time	11.00	8.07	8.07	10.93	8.56	9.12	11.00	13.05	10.47	10.81	11.04
<u>Average Indicators</u>											
Wage (BRL)	761.91	783.03	784.41	793.29	796.24	781.85	748.90	746.38	760.91	761.70	759.27
Commuting time (min)	52.14	50.25	50.07	49.55	49.23	50.57	53.41	54.50	52.33	52.20	52.70
<u>RMSP GRP (in % change)</u>	-	0.879	0.919	1.259	1.362	0.205	-1.049	-1.278	-0.166	-0.092	-0.354
<u>Locational Gini</u>											
Equal weights	0.8461	0.8460	0.8460	0.8461	0.8460	0.8457	0.8457	0.8455	0.8460	0.8460	0.8459
Population weight	0.1602	0.1604	0.1604	0.1605	0.1602	0.1581	0.1583	0.1563	0.1595	0.1597	0.1589
<u>CO2 Emissions (kg per type of vehicle)</u>											
Automobiles (in % change)	-	-5.685	-5.801	-6.714	-7.094	-16.811	-13.737	-9.589	-2.090	-1.595	-3.505
Trucks (in % change)	-	-0.042	0.084	0.139	0.042	-0.042	-0.014	-0.097	-0.014	0.125	-0.028
<u>Qualitative indicators</u>											
Political cost	-	Low	Low	Low	Low	High	High	High	High	High	High
Financing cost	-	High	High	High	High	High	Low	Low	Low	Low	Low

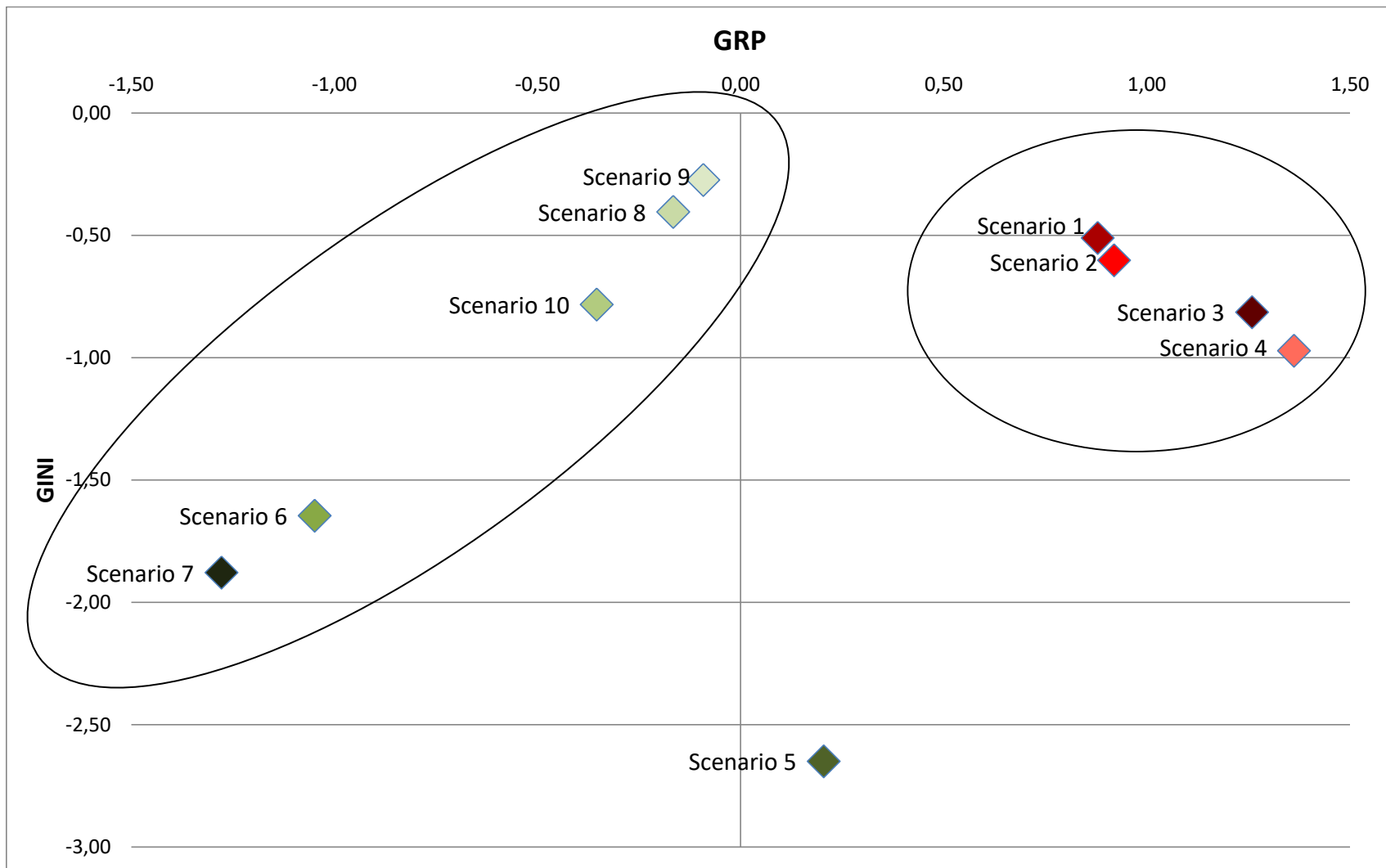
Commuting time and GRP growth



Mode shifts and CO₂ emissions



Resumo dos impactos sobre PIB, GINI e GINI locacional



Key messages (1)

Need to consider both internal and external interactions of the urban system – **metropolitan issue**

- Network effects: actions by neighbors (e.g. commuting trips) reinforce the consequences of a seemingly local phenomenon
- Economic effects are not only local – economic impacts spread through production and income linkages

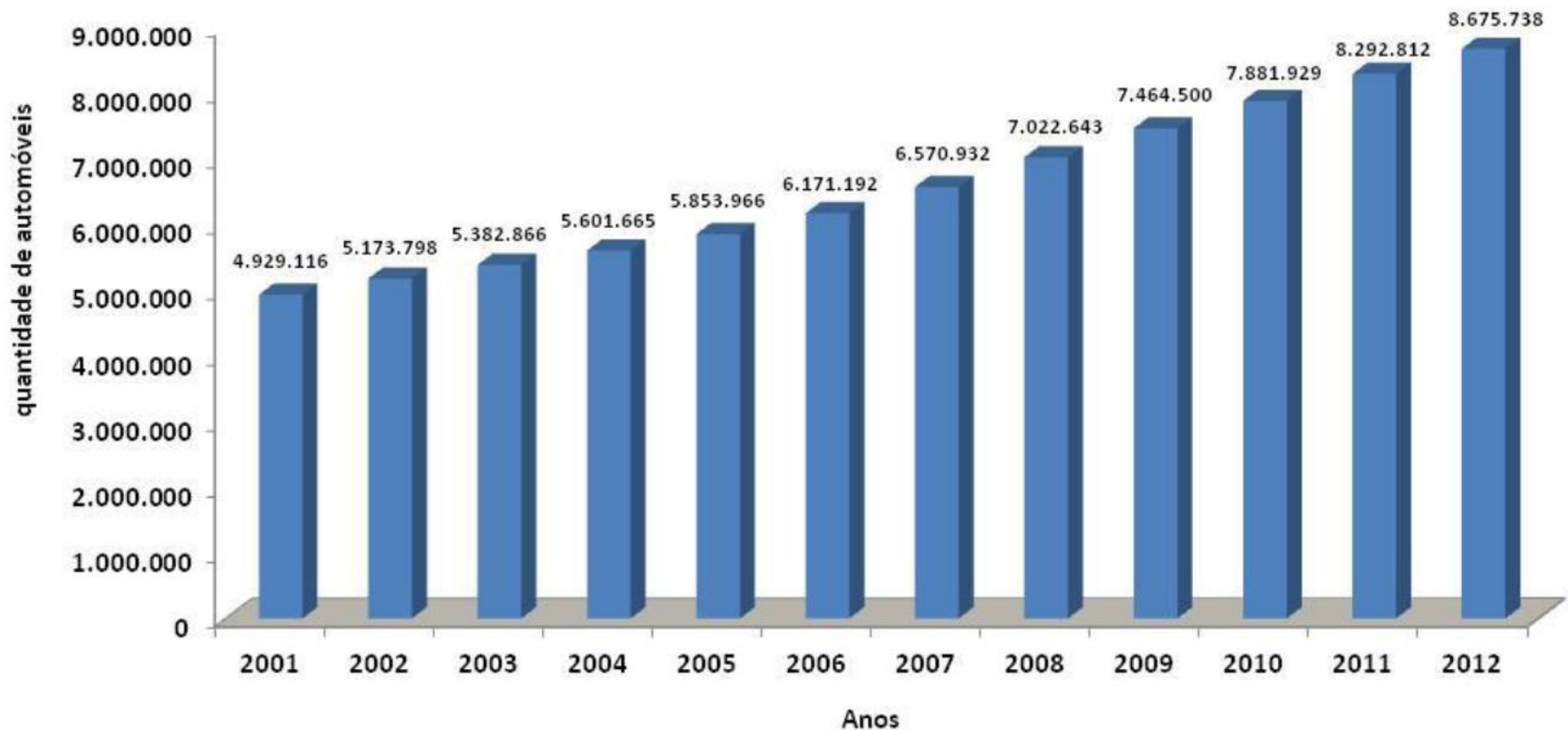
Understand potential trade-offs – **multidimensional analysis**

Coordination of investments and national and local policies of urban development – **avoid contradictions**

Financing issues – **who pays the bill?**

“Food for thought” – Number of cars in SPMR

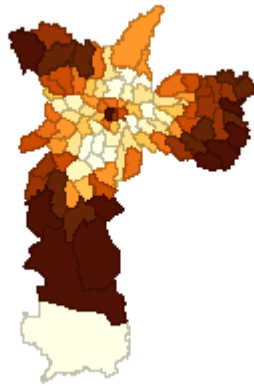
Frota de automóveis - Região Metropolitana de São Paulo (2001 a 2012)



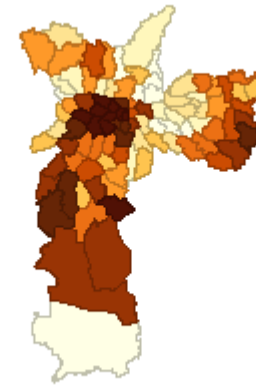
Fonte: Elaborado pelo Observatório das Metrôpoles com dados do DENATRAN

“Food for thought” – Eleições PMSP 2016

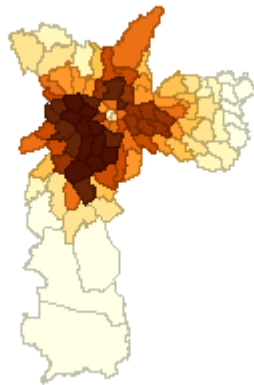
% votos em Haddad 2012



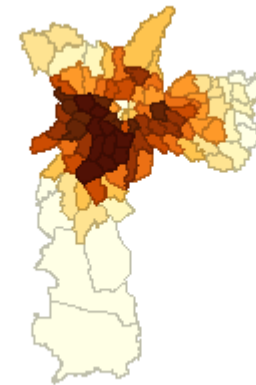
% votos em Haddad 2016



% domicílios com carro 2000

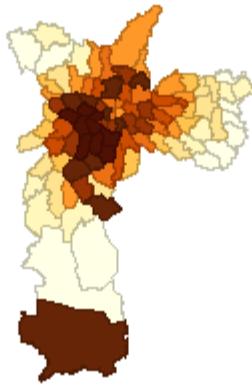


% domicílios com carro 2010

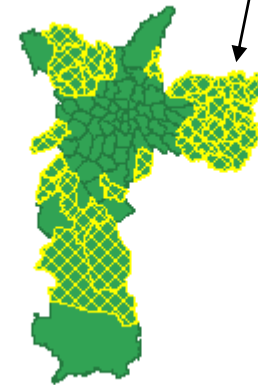
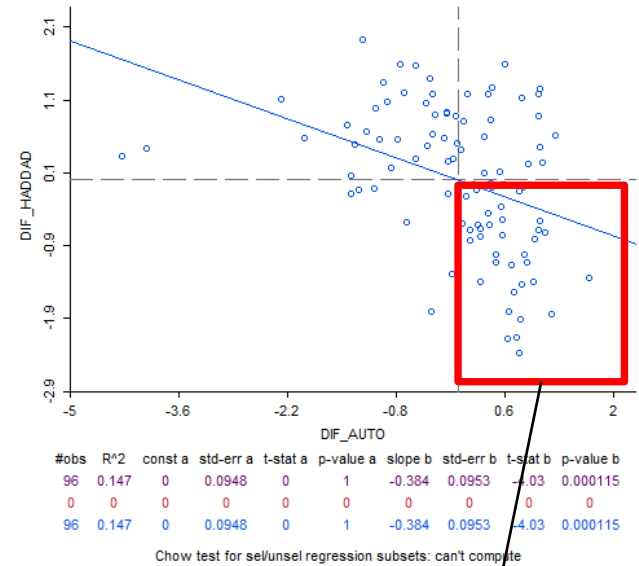
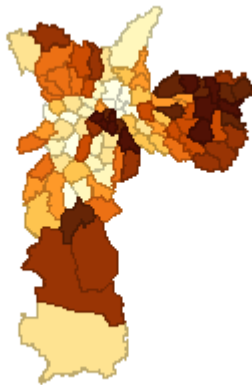


Eleições PMSP

Diferença votos em Haddad 2012-16



Diferença domicílios com carro 2000-10



Key messages (2)

How to address the commitments undertaken by the City of São Paulo in 2015, in Paris, to reduce GHG emissions?

Composition of the transportation matrix (extensive margin):

- Transit trips > Individual trips
- Rail > Roads
- Active trips (local reach) > > >

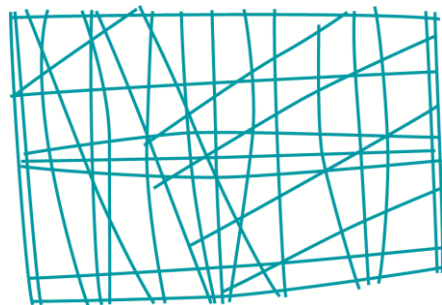
Intensity and emission factors (intensive margin):

- Low emission vehicles (alternatives to fossil fuels)
- Renovation of the bus fleet (electric vehicles)

Key messages (3)

“Compact”

- Reduce distance between firms (jobs) and workers (residents)
- Incentives to **co-location** of firms and workers through zoning decisions and planning of land use
- Problems of incentives design!



NEREUS

Núcleo de Economia Regional e Urbana
da Universidade de São Paulo

The University of São Paulo
Regional and Urban Economics Lab

Obrigado!

<http://www.usp.br/nereus/>

Eduardo A. Haddad

Professor Titular do Departamento de Economia da USP