

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

**IMPACTOS ECONÔMICOS DE DESASTRES NATURAIS EM MEGACIDADES:
O CASO DOS ALAGAMENTOS EM SÃO PAULO**

Eliane Teixeira dos Santos

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Amaral Haddad

SÃO PAULO

2013

Prof. Dr. João Grandino Rodas
Reitor da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Reinaldo Guerreiro
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade

Prof. Dr. Joaquim José Martins Guilhoto
Chefe do Departamento de Economia

Prof. Dr. Márcio Issao Nakane
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Economia

ELIANE TEIXEIRA DOS SANTOS

**IMPACTOS ECONÔMICOS DE DESASTRES NATURAIS EM MEGACIDADES:
O CASO DOS ALAGAMENTOS EM SÃO PAULO**

Dissertação apresentada ao Departamento de Economia da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Amaral Haddad

Versão Original

SÃO PAULO

2013

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção de Processamento Técnico do SBD/FEA/USP

Santos, Eliane Teixeira dos
Impactos econômicos de desastres naturais em megacidades :
o caso dos alagamentos em São Paulo / Eliane Teixeira dos Santos.
– São Paulo, 2013.
68 p.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, 2013.
Orientador: Eduardo Amaral Haddad.

1. Economia urbana 2. Produção (Economia) 3. Custo econômico
4. Espaço econômico I. Universidade de São Paulo. Faculdade de
Economia, Administração e Contabilidade. II. Título.

CDD – 330.91732

**Ao meu marido Helmuth, por me
compreender mesmo quando sou
incompreensível.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu marido Helmuth, pelo apoio incondicional aos meus estudos, pelo crédito quando sou incrédula, pela decisão quando sou indecisa, e pelo meu resgate do mundo das abstrações para o que realmente interessa.

Agradeço aos meus pais, que tentaram fundamentar a minha formação até o limite de suas possibilidades. E que me ensinaram a ser quem sou. Também agradeço ao meu irmão, que apesar das brincadeiras compreende quão difícil é o caminho que escolhemos trilhar.

Agradeço o acolhimento do Núcleo de Economia Regional e Urbana da USP (NEREUS), que me ensinou uma nova forma de estudar economia. Agradeço especialmente ao meu orientador, Professor Eduardo Amaral Haddad, pelo incentivo constante e pelo brilhantismo de suas idéias. Também agradeço aos Professores Carlos Roberto Azzoni e Joaquim José Martins Guilhoto pela atenção dispensada e pelas valiosas contribuições no exame de qualificação.

Agradeço a Silvio Ichihara e Renato Vieira pelo suporte acadêmico. Foi a pesquisa desenvolvida por esses profissionais que me incentivou a adentrar o mundo dos sistemas de informação geográfica.

E um agradecimento especial vai para a turma do IPE/USP 2011 (inclusive os agregados do doutorado). Sem o apoio e união dessa turma talvez eu não tivesse resistido até o final do mestrado, dadas as adversidades enfrentadas.

Agradeço ao Centro de Gerenciamento de Emergências (CGE) da prefeitura de São Paulo, em especial ao Hassan e ao Nazário, excelentes profissionais, que forneceram todo o suporte necessário a essa pesquisa.

Também agradeço ao Nelson, coordenador da Defesa Civil da subprefeitura da Lapa no período em que se iniciou esse estudo, que viabilizou as entrevistas qualitativas com empresários das regiões afetadas pelos transtornos dos alagamentos.

Agradeço ao jornalista José Tadeu Arantes, da Agência FAPESP, pelo interesse nessa pesquisa, viabilizando a repercussão do tema nos diversos canais de comunicação.

Além disso, agradeço ao apoio institucional do Programa de Pós-Graduação em Economia da FEA/USP pelo provimento de infraestrutura de pesquisa.

Por fim, agradeço à Capes e à Rede CLIMA (Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais) pelo apoio financeiro.

“Quando você começa a olhar para um problema e acha que ele é simples, você não compreende quão complexo ele realmente é.”

(Steve Jobs)

RESUMO

A cidade de São Paulo, que abriga 11 milhões de habitantes, sofre constantemente os efeitos dos alagamentos provocados pelas precipitações intensas. Esses alagamentos ocorrem todo verão, em diversas partes da cidade. Além das perdas e inconvenientes sofridos pelos residentes, os alagamentos produzem prejuízos que ultrapassam as fronteiras da cidade, afetando a renda e o produto da região metropolitana, de outras partes do estado e do país. O objetivo desse estudo é avaliar os impactos econômicos dos alagamentos na cidade de São Paulo por meio do uso de um modelo espacial de Equilíbrio Geral Computável, integrado a informações georreferenciadas relacionadas à localização dos pontos de alagamento e às firmas dentro dos raios de influência. Estima-se que os alagamentos contribuem para a redução do crescimento da cidade e do bem estar de seus residentes, além de prejudicar a competitividade local nos mercados doméstico e internacional. Foi identificada uma taxa de dano intra-cidade de 2,1, e uma taxa de impacto total de 4,9 para a economia brasileira.

ABSTRACT

The city of São Paulo, home to 11 million people, suffers constantly the effects of flooding caused by extreme precipitation. Localized floods occur every summer in various parts of the city. Besides the losses and inconvenience felt by the residents, floods produce damages that cross the city boundaries, affecting income and output in the metropolitan area as well as in other parts of the state and the country. The objective of this study is to evaluate the economic impacts of floods in the city of São Paulo through the use of a spatial Computable General Equilibrium model integrated to GIS information related to the location of points of floods and the firms within their influence. It is estimated that floods contributed to reduce city growth and residents welfare, as well as to hamper local competitiveness in both domestic and international markets. An intra-city total impact-damage ratio of 2.1 and an economy-wide total impact-damage ratio of 4.9 were found.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	3
2	URBANIZAÇÃO E DESASTRES NATURAIS	5
2.1	Contextualização	5
2.2	Região de estudo	9
3	A ESTRUTURA DE MODELAGEM INTEGRADA	15
3.1	Estimação dos impactos diretos dos alagamentos na cidade de São Paulo.....	16
3.2	Estimação dos impactos em nível regional e nacional.....	21
4	RESULTADOS.....	25
4.1	Resultados macroeconômicos	26
4.2	<i>Hotspots</i> econômicos.....	29
4.3	Benefício marginal das obras “antienchente”	33
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	41
	REFERÊNCIAS	43
	APÊNDICE 1. <i>HOTSPOTS</i> ECONÔMICOS	47
	Apêndice 1.1. <i>Hotspots</i> 2009	47
	Apêndice 1.2. <i>Hotspots</i> 2010.....	48
	Apêndice 1.3. <i>Hotspots</i> 2011	49
	Apêndice 1.4. <i>Hotspots</i> 2012.....	50
	APÊNDICE 2. PERDAS POTENCIAIS DE PIB POR SUBPREFEITURA	51
	Apêndice 2.1. Perda potencial de PIB nas subprefeituras de São Paulo, 2009.....	51
	Apêndice 2.2. Perda potencial de PIB nas subprefeituras de São Paulo, 2010.....	52
	Apêndice 2.3. Perda potencial de PIB nas subprefeituras de São Paulo, 2011.....	53
	Apêndice 2.4. Perda potencial de PIB nas subprefeituras de São Paulo, 2012.....	54

1 INTRODUÇÃO

Os alagamentos na cidade de São Paulo já fazem parte do cotidiano de seus habitantes. Todos os anos, principalmente durante o verão, famílias, empregados e empresários têm suas rotinas alteradas em função dos transtornos e inconvenientes provocados pelas chuvas excessivas. E, apesar das incertezas que permeiam as projeções climáticas de longo prazo, evidências recentes já apontam o aumento na frequência e na intensidade das chuvas na capital paulista. Os efeitos das mudanças do clima, associados às mudanças no uso do solo promovidas pelo intenso processo de urbanização da cidade, que não foi articulado a um planejamento urbano adequado, torna a sociedade exposta e vulnerável, aumentando o risco a desastres naturais.

A cidade de São Paulo é o núcleo do principal centro econômico e financeiro do Brasil, e concentra os postos de trabalho no seu centro expandido, local de frequente ocorrência de alagamentos. Essa cidade passou por um recente processo de transformação estrutural, com a desconcentração do setor manufatureiro e o conseqüente aumento nas cadeias de valor de produção. Dessa forma, está envolvida cada vez mais em intensos fluxos de comércio interregional, com interligação entre todas as regiões do país. A análise da estrutura produtiva da cidade evidencia que, apesar de ser um fenômeno aparentemente local, o problema dos alagamentos se estende para todo o país, por meio das cadeias produtivas que se relacionam ao município.

O objetivo desse trabalho é avaliar os impactos econômicos dos alagamentos em São Paulo através de um conceito mais amplo de prejuízo, que inclui não só as perdas diretas tradicionais relacionadas à infraestrutura, propriedade e interrupção da produção, mas também os custos indiretos avaliados por meio das ligações das cadeias produtivas. Essa será a primeira tentativa de analisar a questão mediante uma abordagem de modelagem integrada.

As perdas diretas são estimadas pela interrupção das atividades econômicas nos locais afetados pelos alagamentos. Com a sobreposição de camadas de informação dos alagamentos e dos perfis de trabalho das firmas em sistema de informação geográfica, foram identificadas as empresas potencialmente afetadas em um pré-determinado raio de impacto. A variável *proxy* para as estimativas de perda direta é a renúncia de renda do trabalho, ou seja, a remuneração paga aos trabalhadores durante um período no qual a produção está interrompida.

Os prejuízos indiretos são avaliados por um modelo Espacial de Equilíbrio Geral Computável (EEGC), fundamentado em otimizações simultâneas do comportamento dos consumidores e das firmas em uma estrutura multirregional que capta a distribuição espacial, ou seja, geográfica, dos impactos. A solução do modelo identifica qual teria sido o crescimento do produto se os alagamentos não tivessem ocorrido. Os resultados indicam que os alagamentos na cidade de São Paulo reduzem o Produto Interno Bruto (PIB), o bem-estar dos consumidores e as receitas fiscais da cidade, da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), do resto do estado e do país, evidenciando que o problema aparentemente local ultrapassa as fronteiras da cidade. Além disso, observa-se perda de competitividade tanto da cidade, nos mercados domésticos, quanto do país, nos mercados internacionais.

Além dos impactos macroeconômicos, a estratégia de modelagem integrada desenvolvida nesse trabalho permitiu a identificação dos *hotspots* econômicos da cidade, ou seja, dos pontos de alagamento que geram, potencialmente, as maiores perdas econômicas para a cidade de São Paulo e para o Brasil. As estimativas de prejuízos diretos e indiretos por ponto de alagamento também forneceram uma ferramenta útil para avaliação de custo-benefício de obras estruturais para redução de alagamentos, de forma a auxiliar a tomada de decisão do planejador urbano.

2 URBANIZAÇÃO E DESASTRES NATURAIS

2.1 Contextualização

O problema dos alagamentos na cidade de São Paulo tem forte relação com as mudanças climáticas, a urbanização e os desastres naturais. A relação entre urbanização de grandes aglomerações e alagamentos tem recebido mais atenção recentemente em virtude das projeções de mudança na frequência e intensidade dos eventos extremos relacionados às mudanças climáticas (NOBRE *et al.*, 2011; LINNEKAMP *et al.*, 2011; GU *et al.*, 2011); e pela potencialidade de ocorrência de desastres naturais, dada a suscetibilidade das áreas urbanas (SUAREZ *et al.*, 2005).

Uma das principais preocupações da sociedade contemporânea em relação às projeções do clima diz respeito às possíveis mudanças na frequência e intensidade dos eventos climáticos extremos de curta duração. Entre os eventos extremos mais alarmantes para a cidade de São Paulo estão aqueles relacionados à precipitação intensa. As projeções dos especialistas indicam aumento no número de dias com fortes chuvas até o final do século (IPCC, 2012; SHEPHERD *et al.*, 2002; MARENGO *et al.*, 2009; NOBRE *et al.*, 2011; SILVA DIAS *et al.*, 2012). Estudos preliminares sugerem que, entre 2070 e 2100, uma elevação média na temperatura da região de 2°C a 3°C poderá dobrar o número de dias com chuvas intensas na capital paulista (NOBRE *et al.*, 2011).

Eventos de precipitação intensa têm importantes efeitos sobre a sociedade, visto que alagamentos associados a chuvas excessivas, e frequentemente curtas, podem ser os mais destrutivos dos eventos extremos para os grandes centros urbanos. As projeções feitas pelo IPCC¹ (2007, p. 53) para o final do século XXI sobre as alterações dos eventos extremos devido às mudanças climáticas também evidenciam aumento na frequência dos eventos de precipitação intensa sobre a maioria das regiões do planeta, considerando todos os cenários de emissão.²

¹ Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (*Intergovernmental Panel on Climate Change*).

² O IPCC considera quatro grupos de cenários de emissão (A1, A2, B1 e B2), que exploram diferentes trajetórias de desenvolvimento, abrangendo uma ampla gama de forças demográficas, econômicas e tecnológicas, e suas emissões de gases de efeito estufa resultantes. O cenário A1 assume um mundo em rápido crescimento econômico, uma população global que chega ao pico na metade do século e a introdução de tecnologias mais

Apesar da limitada capacidade dos modelos climáticos globais em simular com acurácia as variações do clima em escala local, especialmente de uma variável chave como a de precipitações, estudos regionais também constataam o aumento na frequência de chuvas intensas sobre diversas regiões da América do Sul até o final do século XXI, através da utilização de sistemas de modelagem regional do clima (MARENGO *et al.*, 2009). E o sudeste da América do Sul é uma das regiões cujas projeções apontam aumento na quantidade e na amplitude dos eventos de precipitações intensas, indicando o potencial de crescimento das perdas econômicas para as grandes cidades localizadas nessa região, entre elas a megacidade de São Paulo.³

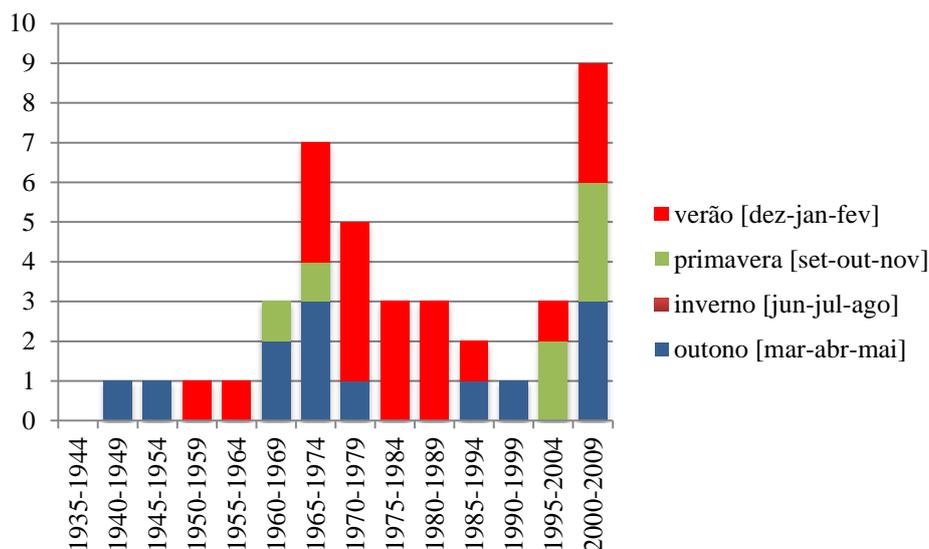
Mesmo com as incertezas que permeiam as projeções do clima, evidências recentes já apontam para o aumento na intensidade e na frequência de chuvas na cidade de São Paulo. Durante a maior parte do século XX, o número de dias com precipitações que excediam 80 milímetros por dia⁴ em São Paulo era muito pequeno – a média era de um evento por década, a partir da década de 1930. Após o início da década de 1970, no entanto, o número de eventos desse tipo aumentou, atingindo a marca de nove casos na primeira década deste século (SILVA DIAS *et al.*, 2012), como pode ser observado no Gráfico 1.

Ademais, a grande densidade urbana é uma fonte significativa de calor. As partes mais densas da região metropolitana tendem a ser mais quentes; em contrapartida, a temperatura diminui à medida que a densidade urbana declina (SHEPHERD *et al.*, 2002), reforçando as projeções de aumento na frequência e intensidade dos extremos diários de precipitação na cidade de São Paulo (SILVA DIAS *et al.*, 2012).

eficientes. B1 descreve um mundo em convergência, com a mesma população global que A1, mas com alterações na estrutura econômica em direção a uma economia de serviços e informações. B2 representa um mundo de crescimento econômico e população intermediários, enfatizando soluções locais de sustentabilidade econômica, social e ambiental. Por fim, o cenário A2 descreve um mundo bastante heterogêneo, com grande crescimento populacional, baixo desenvolvimento econômico e mudança tecnológica lenta.

³ Megacidade é o termo normalmente empregado para se definir uma cidade que sedia uma aglomeração urbana com mais de 10 milhões de habitantes.

⁴ A Sociedade Americana de Meteorologia classifica a intensidade das chuvas conforme segue: (i) chuva leve – taxa de precipitação menor que 2,5 mm/hora; (ii) chuva moderada – taxa de precipitação entre 2,5 e 7,6 mm/hora; (iii) chuva pesada – taxa de precipitação superior a 7,6 mm/hora; e (iv) chuva violenta – taxa de precipitação superior a 50 mm/hora. As chuvas que provocam os maiores alagamentos na cidade de São Paulo são, em geral, violentas, pois ultrapassam 50 mm em curtos períodos.

Gráfico 1: Número de dias com chuva acima de 80mm por década na cidade de São Paulo

Fonte: SILVA DIAS *et al.*, 2012

Existe uma correlação significativa entre ocupação humana e sistemas de drenagem urbana.⁵ O desenvolvimento urbano promove mudanças no uso da terra que aumentam o risco de alagamentos, tais como (i) alterações no fluxo dos canais, que podem limitar o escoamento durante as chuvas fortes (KONRAD; BOOTH, 2002), (ii) excessiva impermeabilização do solo, que interfere na dinâmica hidrológica da cidade, e (iii) ocupação do solo sobre rios e córregos canalizados, intensificando processos de assoreamento, o que provoca alterações no fluxo de vazão dos rios. Megacidades como São Paulo possuem numerosos problemas sociais e ambientais associados aos padrões de desenvolvimento e transformação do espaço, que têm se agravado pelo aumento na frequência e intensidade das chuvas.

Eventos climáticos extremos são frequentemente, mas nem sempre, associados aos desastres naturais. Desastres implicam impactos sociais, econômicos ou ambientais que perturbam gravemente o funcionamento normal das comunidades afetadas. Condições meteorológicas e eventos climáticos extremos implicarão em desastres naturais se e somente se: (1) as comunidades estiverem expostas a esses eventos, e (2) a exposição ao evento for acompanhada por um alto nível de vulnerabilidade (IPCC, 2012). Dessa forma, desastres naturais também podem ser desencadeados por eventos que não são extremos no sentido estatístico. Elevados níveis de exposição e vulnerabilidade transformarão até o menor dos eventos em desastres para algumas sociedades.

⁵ O agravamento dos problemas de drenagem em São Paulo está relacionado à ocupação da bacia do Alto Tietê (Ostrowsky, 1991; Nobre *et al.*, 2011).

Figura 1: Fatores que definem um desastre natural

FONTE: IPCC, 2012.

A cidade de São Paulo reúne todos os fatores que a tornam suscetível ao risco a desastres naturais, definido como a ocorrência potencial de um evento físico natural ou induzido que possa causar efeitos adversos sobre elementos expostos e vulneráveis, tais como perdas de vidas, danos físicos, prejuízos a propriedades e infraestrutura (UNITED NATIONS, 2010). O acelerado processo de expansão urbana não foi acompanhado pela implementação de infraestrutura adequada, provocando importantes problemas urbanos, tais como a ocupação ilegal de áreas ambientais protegidas (no entorno de cursos d'água e encostas) e o rápido crescimento do percentual de áreas impermeabilizadas na bacia do Alto Tietê, por onde corre o principal rio da cidade. Como consequência, a frequência de alagamentos nessa bacia (o desastre natural que abate a cidade todos os anos) também aumentou (BARROS *et al.*, 2005). Esse conjunto de alterações que afetam o ambiente torna os assentamentos humanos cada vez mais vulneráveis e expostos às mudanças climáticas, indicando a necessidade de se adaptar às alterações registradas ao longo do tempo.

Entre os principais problemas atualmente enfrentados pela cidade estão aqueles relacionados às mudanças climáticas. As chuvas intensas de verão provocam alagamentos em diversos pontos da cidade. Além das perdas e transtornos sofridos pelas pessoas e empresas diretamente atingidas, esses alagamentos produzem efeitos mais amplos que ultrapassam os

limites da cidade, refletindo em setores econômicos do estado e do país. Os impactos dos alagamentos afetam as famílias, as atividades industriais e comerciais, serviços públicos e privados, e o sistema de transporte urbano. Dada a crescente concentração de pessoas e atividades econômicas na região nas últimas décadas, impactos e perdas econômicas devido a desastres naturais têm aumentado substancialmente.

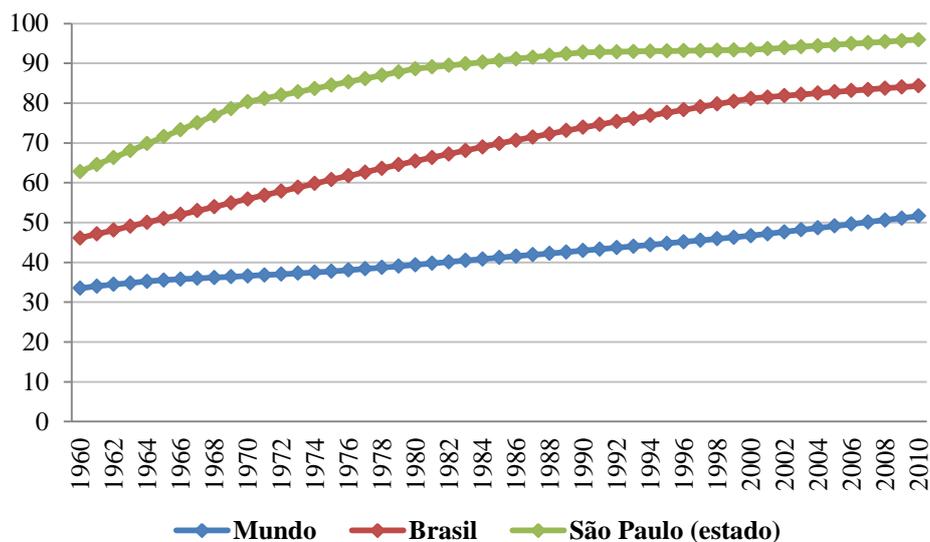
As consequências econômicas dos alagamentos em áreas urbanas são de grande relevância, pois variam de impactos sobre a saúde humana (HUNTINGFORD *et al.*, 2007) a efeitos sobre os valores dos imóveis (HARRISON *et al.*, 2001), infraestrutura de transporte urbano (SUAREZ *et al.*, 2005), e outros efeitos prejudiciais tais como perda de um tempo que poderia ser despendido em trabalho e estudo, danos à propriedade e estresse psicológico (LINNEKAMP *et al.*, 2011). Além disso, os custos financeiros também apresentam importância, através de efeitos potenciais no setor de seguros e esquemas de compensação públicos (BOTZEN; VAN DEN BERGH, 2008).

2.2 Região de estudo

Em 2008 o mundo atingiu uma marca historicamente importante, com mais de 50% da população vivendo em cidades.⁶ As projeções das Nações Unidas indicam que esse percentual pode chegar a 60% em 2030. No Brasil, quase 85% dos habitantes já vive em áreas urbanas.⁷ Considerando o acelerado processo de expansão urbana e o atraso na implantação de infraestrutura adequada ao ritmo de crescimento das cidades brasileiras, estas não foram devidamente preparadas para os efeitos adversos do clima, como é o caso da RMSP.

⁶ United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division.

⁷ IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Gráfico 2: Taxa de urbanização (%)

Fonte: Banco Mundial; IBGE.

A RMSP, principal centro econômico e financeiro do Brasil, é formada por 39 municípios em um intenso processo de conurbação. É a quarta maior aglomeração urbana do mundo, e a maior aglomeração urbana do país, com aproximadamente 10% de sua população (aproximadamente 20 milhões de habitantes em 2010), e responsável por 19% do PIB do Brasil, segundo dados do IBGE. A cidade de São Paulo é o núcleo dessa região metropolitana, e é responsável por 12% do PIB do país, com 6% da população (Tabela 1). Essa cidade já atingiu a marca de 99,1% de taxa de urbanização.

Tabela 1: Indicadores básicos

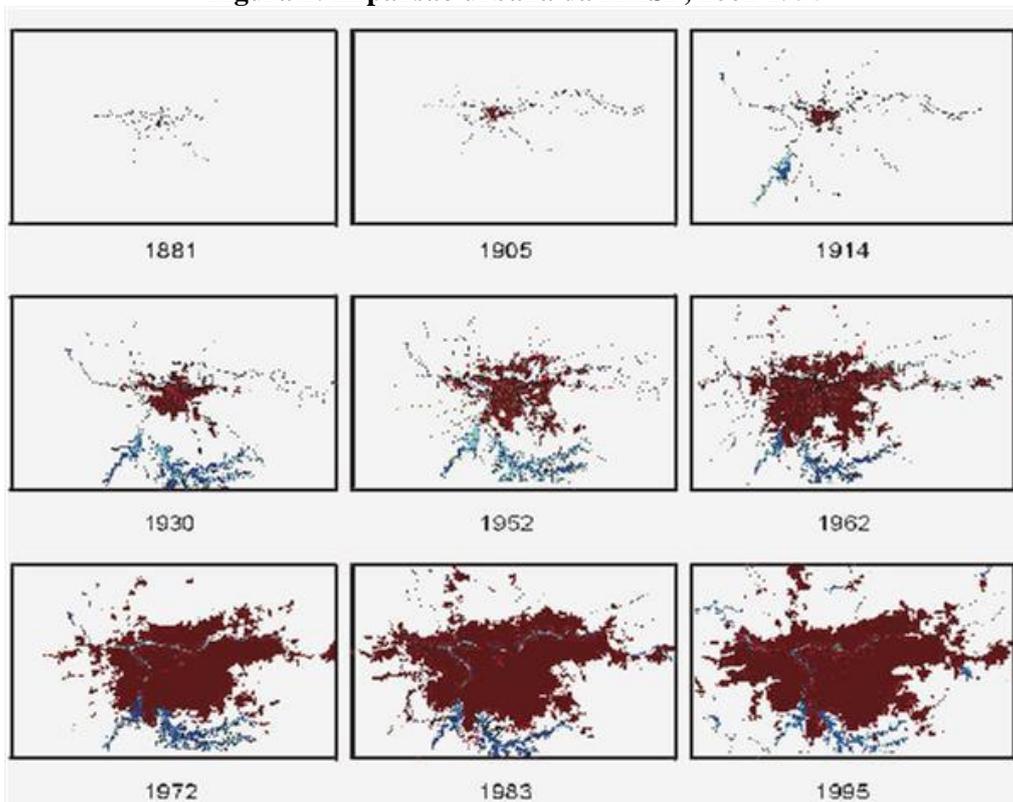
	Área (mil Km ²)	População (milhões)	PIB (R\$ milhões)	PIB per capita (R\$)	IDH 2010
Cidade de São Paulo	1,5	11,3	443.600,1	39.451	0,805
RMSP	7,9	19,7	701.848,6	35.656	0,760
Brasil	8.515,8	190,8	3.770.084,9	19.509	0,726

Fonte: IBGE, 2010.

A expansão dessa área urbana não resultou de planejamento urbano adequado e articulado, prevalecendo a difusão do padrão periférico. Essa ocupação desordenada gerou problemas socioambientais e situações de risco que afetam a cidade em diferentes dimensões: desastres provocados por erosão, enchentes, deslizamentos, contaminação do lençol freático ou das represas de abastecimento de água, entre outros. A escala e a frequência com que estes

fenômenos se multiplicam nas cidades revelam a relação estrutural entre os processos e padrões de expansão urbana e o agravamento dos problemas socioambientais (GROSTEIN, 2001).

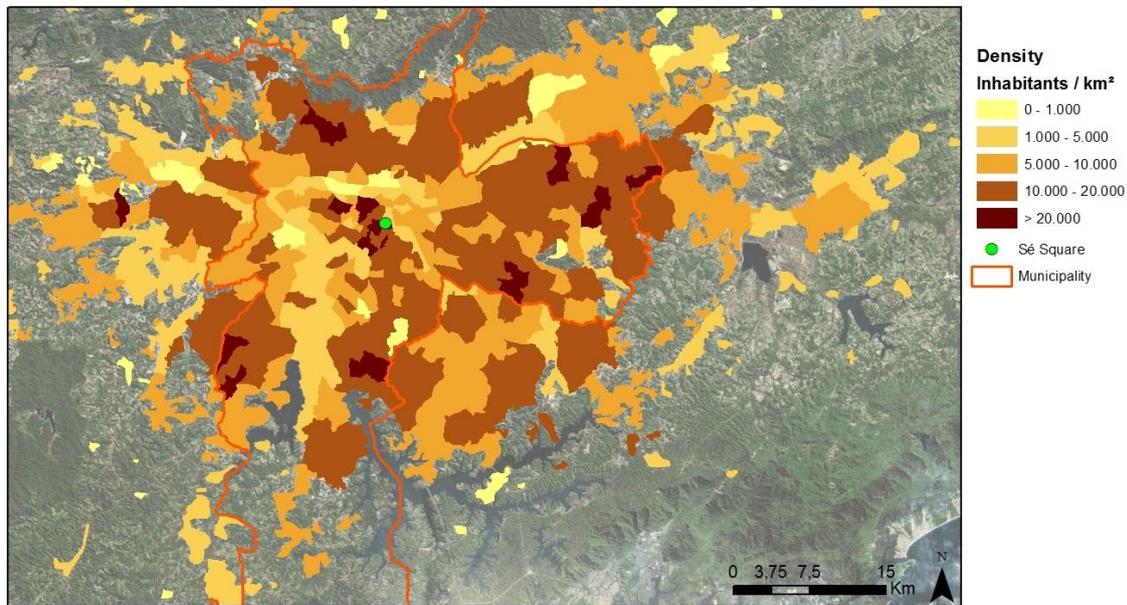
Figura 2: Expansão urbana da RMSP, 1881-1995



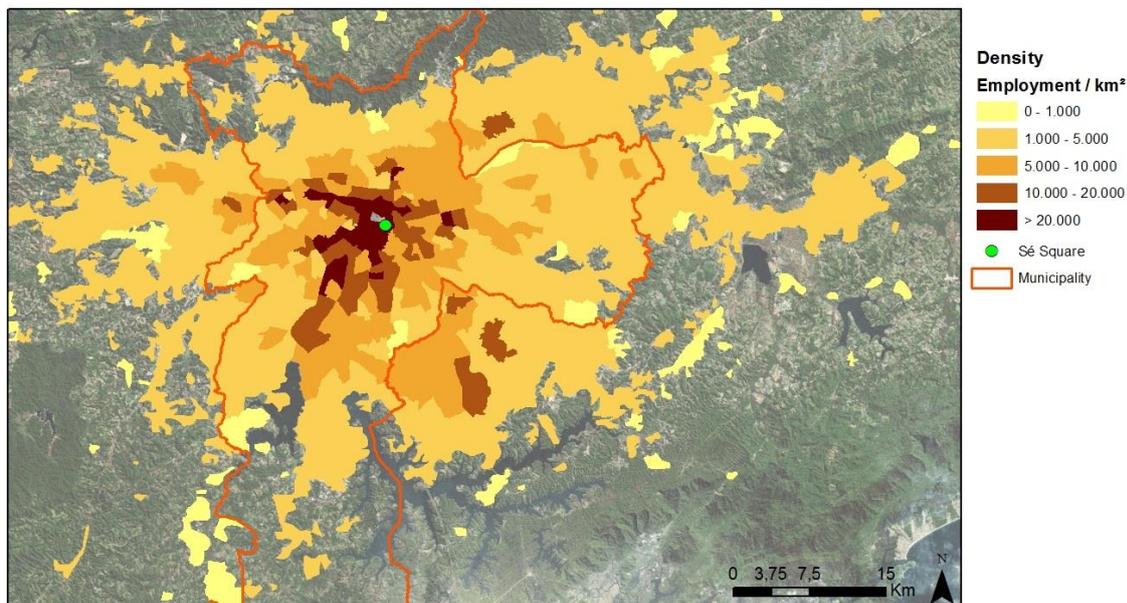
Fonte: CESAD-FAU/USP – <http://www.cesadweb.fau.usp.br/>

Sob uma perspectiva estilizada, nota-se na RMSP a existência de um *central business district* (CBD) associado à configuração espacial das atividades econômicas da região metropolitana. O CBD concentra os postos de trabalho, enquanto as famílias estão localizadas no entorno do centro, com diminuição da densidade populacional nas fronteiras do território da metrópole. Conforme revelado pela Figura 3 e Figura 4, a organização interna da RMSP pode ser aproximada pelo modelo urbanístico Muth-Mills-Alonso, tendo como CBD o centro expandido da cidade de São Paulo. De acordo com o Censo 2010, a capital recebe diariamente um afluxo de quase 1 milhão de viajantes pendulares, o que representa 15,4% dos trabalhadores da cidade.⁸

⁸ Aproximadamente cento e setenta mil residentes de São Paulo deslocam-se diariamente para outras cidades, principalmente na RMSP.

Figura 3: Densidade Populacional na RMSP

Fonte: Companhia do Metropolitano de São Paulo.

Figura 4: Densidade dos empregos na RMSP

Fonte: Companhia do Metropolitano de São Paulo.

Desde o início dos anos 1970, a RMSP tem sofrido grandes mudanças estruturais, transformada da dominação das manufaturas tradicionais para serviços mais sofisticados.⁹ O processo de esvaziamento da região metropolitana, associado à desconcentração geográfica do

⁹ A participação da RMSP na produção manufatureira nacional caiu de aproximadamente 40% na década de 1970 para menos de 20% nos anos recentes.

setor manufatureiro, impôs uma nova estrutura de dependência interregional na qual a RMSP desempenha um papel específico. De um lado, um estabelecimento típico é agora menos dependente tanto de fontes de insumos quanto de mercados dentro da região metropolitana. Por outro lado, a fragmentação é agora uma característica da produção, com maiores cadeias de valor baseadas em uma organização produtiva que explora as economias de escala em plantas individuais especializadas em componentes da produção (HEWINGS *et al.*, 2001). A Tabela 2 revela a estrutura dos fluxos comerciais interregionais e internacionais da economia brasileira, com atenção especial para a cidade de São Paulo e o restante da região metropolitana.

A cidade de São Paulo está diretamente envolvida em 14,1% de todos os fluxos de comércio do país, incluindo parceiros comerciais domésticos e internacionais. O comércio intra-cidade corresponde a 36,6% de todo o fluxo comercial do município, enquanto os restantes 63,4% são distribuídos entre comércio interregional (17,0% dentro da região metropolitana e 38,6% com outras regiões do Brasil) e comércio internacional (7,8%). Essa importante participação do comércio doméstico fora da região metropolitana reflete o supracitado processo de esvaziamento e fragmentação espacial que se iniciou na década de 1970 no Brasil, quando o setor manufatureiro se realocou para outras regiões fora da RMSP (DINIZ, 1994). A observação da estrutura dos fluxos comerciais por setor produtivo revela a forte dependência da cidade de São Paulo em produtos primários e manufaturados fora das fronteiras da região metropolitana, e uma relativa autossuficiência em serviços.

É nesse contexto que os impactos dos alagamentos na cidade de São Paulo devem ser avaliados: trata-se do núcleo do principal centro econômico e financeiro do Brasil, que sofreu um recente processo de esvaziamento, com a desconcentração do setor manufatureiro e o consequente aumento nas cadeias de valor da produção, e é uma cidade envolvida em grande parte dos fluxos comerciais do país, que cresceu de forma desordenada e despreparada para os efeitos adversos do clima. Embora já exista uma forte percepção de que, além dos danos e transtornos sofridos por aqueles que são diretamente afetados, os alagamentos na bacia do Alto Tietê em São Paulo produzem efeitos mais amplos, que se estendem além das fronteiras regionais, com efeitos devastadores sobre o estado e a economia nacional (NOBRE *et al.*, 2011), esta será a primeira tentativa de endereçar essa questão com uma abordagem de modelagem integrada.

Tabela 2: Estrutura dos fluxos comerciais no Brasil, 2008 (em % do total)

		<i>Destino</i>				
		SP	RMSP	RSP	RBR	RM
Bens primários						
(8,5% dos fluxos totais)						
<i>Origem</i>	Cidade de São Paulo (SP)	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
	Resto da RMSP (RMSP)	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00
	Resto do estado de São Paulo (RSP)	0,54	0,35	3,60	1,88	0,26
	Resto do Brasil (RBR)	1,93	1,58	13,25	47,67	16,88
	Resto do Mundo (RM)	0,28	0,35	3,46	7,93	0,00
Bens manufaturados						
(36,6% dos fluxos totais)						
<i>Origem</i>	Cidade de São Paulo (SP)	1,81	1,03	0,82	1,46	0,55
	Resto da RMSP (RMSP)	1,77	2,14	1,00	1,65	0,89
	Resto do estado de São Paulo (RSP)	2,31	1,52	8,10	7,06	3,32
	Resto do Brasil (RBR)	1,00	0,64	3,14	39,87	6,50
	Resto do Mundo (RM)	1,28	1,06	2,36	8,74	0,00
Serviços						
(54,9% dos fluxos totais)						
<i>Origem</i>	Cidade de São Paulo (SP)	5,17	1,38	1,41	2,36	0,45
	Resto da RMSP (RMSP)	1,02	2,44	0,64	1,05	0,42
	Resto do estado de São Paulo (RSP)	1,04	0,71	8,23	3,78	1,46
	Resto do Brasil (RBR)	0,64	0,46	3,01	52,20	4,90
	Resto do Mundo (RM)	0,64	0,49	1,34	4,75	0,00

Fonte: Base de dados do modelo B-MARIA RMSP.

3 A ESTRUTURA DE MODELAGEM INTEGRADA

A vulnerabilidade econômica dos alagamentos deve ser tratada como função da (i) dependência – grau em que uma atividade se relaciona a outras atividades econômicas no resto do país, (ii) resiliência – a habilidade de uma atividade (ou sistema) de superar a dependência e responder a rupturas, usando substitutos ou até realocações, e (iii) suscetibilidade – a probabilidade e extensão do alagamento (VAN DER VEEN, LOGTMEIJER, 2005). O entendimento desse tripé é essencial para identificar o risco relacionado aos *hotspots*¹⁰ econômicos associados a um conceito mais amplo de perda, que deve incluir não só os prejuízos diretos tradicionais relacionados à infraestrutura, propriedade e interrupção de produção, mas também custos indiretos mensurados através das ligações de insumo-produto.

A operacionalização desse conceito no trabalho é realizada por meio de uma abordagem metodológica alternativa. O foco é direcionado para uma dimensão específica dos impactos econômicos dos alagamentos em um sistema interregional integrado. Inicialmente, são consideradas todas as ocorrências de alagamento na cidade de São Paulo em 2008 (mesmo ano para o qual as bases de dados econômicas estão disponíveis). Uma vez que todos os eventos de alagamento ocorridos naquele ano são analisados, o tratamento da suscetibilidade torna-se menos importante. Do ponto de vista econômico, uma vez que o alagamento já ocorreu em um ponto da cidade, basta verificar a existência de firmas afetadas dentro da extensão territorial da área de influência desses pontos. Os outros dois elementos são também explicitamente considerados. A dependência é completamente capturada por meio das ligações espaciais associadas aos fluxos de renda e das cadeias de valor incorporadas no sistema de insumo-produto metropolitano, utilizado para calibrar o modelo EEGC; além de ser considerada em hipóteses de mobilidade interregional de fatores. E a resiliência é contemplada na força dos efeitos substituição induzidos pelos efeitos preço e pelas restrições de oferta do modelo.

De uma perspectiva econômica, três forças principais entram em ação: primeiro, as empresas na área de influência dos pontos de alagamento podem ter que interromper temporariamente a sua produção, impedindo o crescimento potencial do PIB através da interrupção em sua

¹⁰ *Hotspots* são medidas de intensidade de um fenômeno. O termo *hotspot* econômico será utilizado como referência à medida de intensidade de perdas econômicas no espaço geográfico.

cadeia de valor; segundo, danos em infraestrutura econômica podem gerar tanto uma redução no estoque de capital disponível para a produção quanto interrupções temporárias na infraestrutura de serviços (por exemplo, interrupção de energia elétrica e bloqueio de rodovias), ocorrências comuns durante os alagamentos; e, terceiro, esforços de reconstrução e medidas adicionais de manutenção operam na direção oposta, estimulando atividades orientadas ao investimento (por exemplo, o setor de construção civil), que se tornam mais vigorosas após os períodos de alagamento.

O objetivo desse trabalho é avaliar os efeitos da primeira dessas três forças em ação – a paralisação temporária da produção, e a sua consequente interrupção da cadeia de valor. As economias da cidade de São Paulo e do Brasil de 2008 são analisadas, e estima-se qual teria sido o impacto sobre a economia se os alagamentos não tivessem ocorrido naquele ano. Com isso é possível derivar as estimativas de custos econômicos dos alagamentos em relação à interrupção das cadeias de valor associadas ao fechamento temporário das empresas durante o evento. Desconsiderando os efeitos da interrupção nos serviços de infraestrutura e os fluxos financeiros associados à recuperação dos desastres naturais, é possível isolar os efeitos econômicos associados aos alagamentos, bem como a sua propagação espacial, proporcionando assim uma aproximação das consequências regionais sob uma perspectiva de cadeia de valor. Dessa forma, as estimativas calculadas devem ser consideradas como limites inferiores do total dos custos econômicos dos alagamentos no município de São Paulo.

Para avaliar os impactos mais amplos dos alagamentos será utilizada uma abordagem *bottom-up* de modelagem. Nesse contexto, as consequências econômicas dos alagamentos locais são avaliadas do nível municipal ao nacional. Como destacado por Rose (2004), a quantificação das perdas econômicas é necessária para auferir a vulnerabilidade dos indivíduos e das comunidades atingidas, avaliar os custos da mitigação dos riscos, determinar o nível apropriado de assistência ao desastre, melhorar as decisões de recuperação, informar seguradoras de suas potenciais obrigações e esclarecer as pessoas interessadas.

3.1 Estimação dos impactos diretos dos alagamentos na cidade de São Paulo

Desastres naturais podem provocar destruição física de capacidade instalada. Contudo, a cidade de São Paulo adaptou-se ao tipo de alagamento que vivencia. Apesar dos transtornos

causados, como a interrupção do fluxo de pessoas e mercadorias pela falta de drenagem urbana, as perdas de máquinas e equipamentos são irrisórias. As perdas provocadas no maior centro econômico e financeiro do país são provenientes da paralisação da produção nos locais afetados. Enquanto as perdas diretas são avaliadas por meio da interrupção das atividades econômicas, as perdas indiretas podem ser calculadas considerando as interrupções associadas na cadeia de valor. Tais estimativas de perdas indiretas demandam um modelo econômico capaz de capturar o fluxo de mercadorias entre os agentes econômicos, o que suscita um enorme desafio, dada a unicidade de cada desastre (OKUYAMA, 2007).

Utilizando informações georreferenciadas detalhadas dos pontos de alagamento, dos perfis de trabalho das firmas, e assumindo que a produção é um contínuo em dias úteis, as perdas diretas potenciais podem ser aproximadas pela medida de salários pagos e perdidos durante a interrupção da produção das firmas afetadas pelos alagamentos.

A informação de alagamentos em São Paulo é fornecida pelo Centro de Gerenciamento de Emergências (CGE) da Prefeitura de São Paulo. A base de dados do CGE informa, para cada ponto de alagamento, sua exata localização, dia de ocorrência, horário de início e duração, bem como uma medida qualitativa de intensidade do evento. Com o georreferenciamento da base de alagamentos de 2008, e integrando esses dados à localização das firmas por meio de técnicas de sistemas de informação geográfica, é possível identificar todas as empresas afetadas pelos alagamentos em um pré-determinado raio de impacto.

A informação dos pagamentos feitos aos trabalhadores nas firmas afetadas é essencial para capturar as perdas diretas provocadas pelos alagamentos. Esses dados foram obtidos de uma base de dados georreferenciada sobre a situação dos trabalhadores das firmas – a Relação Anual de Informações Sociais (RAIS).¹¹ A base de dados da RAIS informa, para cada empresa, sua localização, total de salários pagos aos trabalhadores, e a classificação setorial de sua atividade principal. Esse levantamento estatístico abrange 97% do mercado formal de trabalho, que representa 57% do total da população ocupada no país¹², fornecendo uma medida da representatividade dessa amostra. Um procedimento de ponderação simples é aplicado, com base nas informações de pagamento setorial ao fator trabalho da base de dados

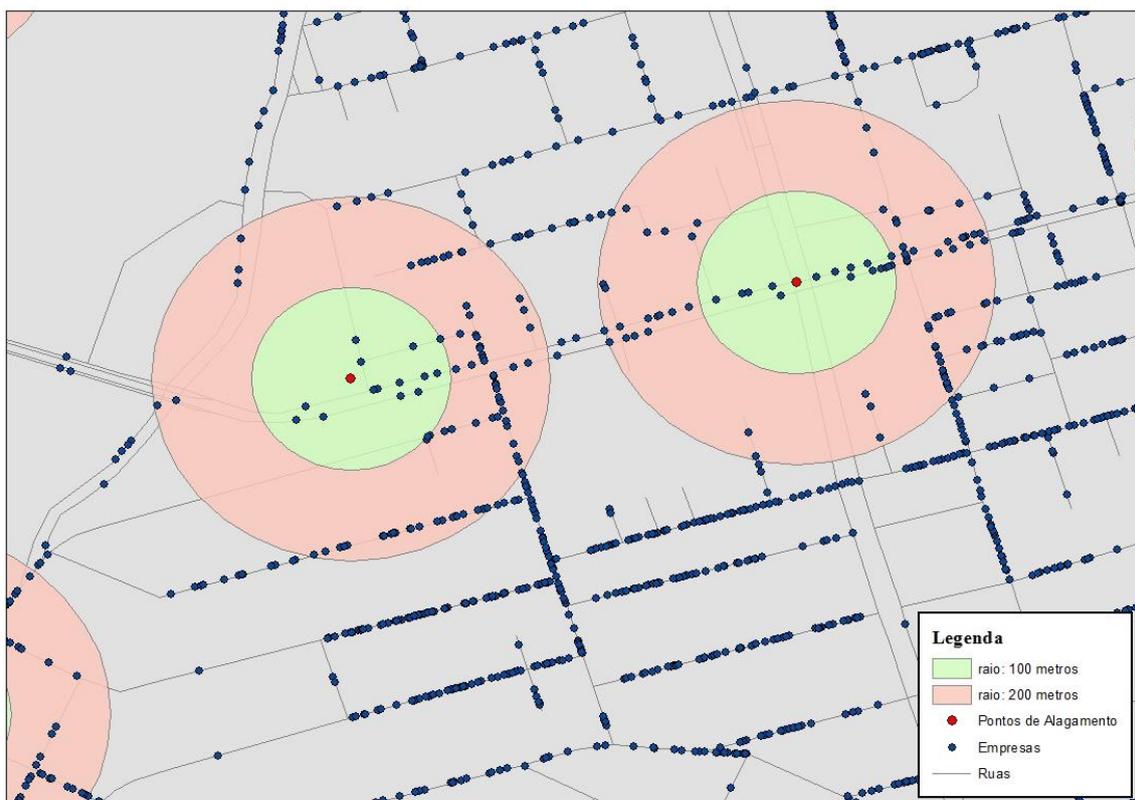
¹¹ Ministério do Trabalho e Emprego.

¹² IBGE

do modelo EEGC. Isso garante consistência entre os micro dados agregados setorialmente dos salários pagos aos trabalhadores e os dados macro.

A combinação dessas duas bases de dados nos permite identificar as empresas potencialmente afetadas pelos alagamentos (Figura 5). Para calibrar a área de influência dos pontos de alagamento nas simulações, foram realizadas 25 entrevistas com firmas localizadas na vizinhança de duas regiões de alagamento da base de dados.¹³ As principais conclusões dessa pesquisa de campo foram (i) a uma distância de até 100 metros do ponto de alagamento (aproximadamente um quarteirão), as firmas são certamente afetadas – dependendo do horário do evento, os trabalhadores não conseguem chegar ao trabalho, ou deixam o local de trabalho mais cedo; (ii) as empresas mais distantes do ponto de alagamento (por exemplo, a 200 metros) são afetadas apenas nas ocorrências mais severas; e (iii) nas raras ocasiões nas quais a água invade as instalações, medidas de adaptação preventiva são prontamente realizadas para o próximo evento. Assim, o cenário mais factível é aquele que define um raio de impacto de 100 metros e não considera danos ao estoque de capital.

Figura 5: Exemplo de área de influência baseada em sistema de informação geográfica



¹³ Regiões da Lapa e Vila Leopoldina (próximo ao CEAGESP).

Além disso, para calibrar as simulações, foi adotada uma hipótese *ad hoc* adicional de que a extensão da perda potencial de produto vai depender do horário do dia em que ocorreu o alagamento: para eventos que ocorreram entre seis horas e meio dia, assume-se que toda a produção diária é “perdida”, enquanto apenas a metade dessa produção será considerada “perdida” se o alagamento ocorreu na parte da tarde, durante o horário de trabalho (até às oito horas da noite). Os alagamentos ocorridos de madrugada, aos finais de semana e nos feriados foram excluídos da base de dados. Assim, depois de identificadas as empresas diretamente afetadas pelos alagamentos sob essas hipóteses de trabalho, é possível estimar as perdas potenciais diretas nos períodos de interrupção da produção. Essa informação é utilizada para elaborar um conjunto de coeficientes numéricos necessários para incorporação ao modelo EEGC, de maneira a permitir a avaliação dos impactos econômicos totais dos alagamentos na cidade de São Paulo.¹⁴

A base de dados da RAIS inclui a informação de massa salarial mensal paga por cada empresa sediada na cidade de São Paulo. Massa salarial é o resultado do produto entre a remuneração média mensal dos empregados e o número de empregos, excluindo-se o 13º salário. A remuneração média mensal dos empregados é expressa em salários mínimos, e definida como a média aritmética das remunerações individuais no mês de referência, convertida em salários mínimos do período vigente do ano-base.

Para obter as estimativas de perdas potenciais diretas (ou produção cessante), depois de identificadas as empresas afetadas pelos alagamentos conforme procedimento já explicitado, calcula-se a massa salarial de perda decorrente da paralisação da produção durante o período do alagamento, prejuízos resultantes do fato de que os empregadores pagam normalmente os salários dos empregados, sem que esses tenham produzido durante o período de ocorrência do alagamento. Para tanto, calcula-se a massa salarial anual das empresas afetadas (multiplicando a massa salarial mensal por 13 – incluindo o 13º salário) e em seguida transforma-se esse valor em reais (multiplicando-o pelo salário mínimo vigente no estado de São Paulo no ano-base). Para garantir a hipótese de que a produção é um contínuo em dias úteis, a massa salarial anual em reais é dividida pelo número de dias úteis do ano de referência. Dividindo esse valor por uma carga horária de 8 horas por dia¹⁵, tem-se a massa salarial por hora.

¹⁴ Na literatura especializada, tal conjunto de coeficientes numéricos é denominado “vetor de choque”.

¹⁵ Jornada de trabalho garantida pela Constituição Federal, artigo 7º, inciso XIII.

Além da informação de massa salarial, a base de dados da RAIS também possui a classificação setorial de cada empresa. Para compatibilizar os setores da RAIS com os setores do modelo EEGC, é realizada uma agregação dos mais de 600 setores da RAIS em 8 setores do modelo. Com essa agregação tem-se o vetor de renúncia de renda do trabalho por setor nos períodos de interrupção da produção, intitulado neste trabalho como vetor DANO (Dispêndio Associado a Não-Operabilidade). A esse vetor aplica-se um procedimento de ponderação simples, conforme mencionado anteriormente, apenas para compatibilizar micro e macro dados.

O vetor de choque aplicado ao modelo EEGC é então calculado conforme segue:

$$\text{Vetor de Choque}_s = \text{Coeficiente de Produtividade}_s * \text{DANO}_s \quad (\text{I})$$

Em que,

$$\text{Coeficiente de Produtividade}_s = \frac{VA_s}{LABR_s} \quad (\text{II})$$

Sendo:

- VA_s o valor adicionado por setor s , $s=1, \dots, 8$, ou seja, o pagamento a todos os fatores de produção;
- $LABR_s$ o pagamento ao fator trabalho por setor s , $s=1, \dots, 8$, ou seja, os salários médios por setor; e
- $\text{Coeficiente de Produtividade}_s$ a matriz diagonal dos coeficientes de produtividade média.

As estimativas de renúncia de renda do trabalho por setor nos períodos de interrupção da produção (vetor DANO) em 2008 na cidade de São Paulo são apresentadas na Tabela 3. Os impactos diretos estão altamente concentrados no setor terciário (aproximadamente 90%), principalmente serviços, comércio e transportes. No cenário mais factível, de 100 metros de raio de impacto, quase 18.000 firmas podem ter sido diretamente afetadas pelos alagamentos em 2008, com uma perda de salários de aproximadamente R\$ 14 milhões. Em termos de perda de valor adicionado, isso representa aproximadamente R\$ 35,5 milhões.

Tabela 3: Estimativas (ponderadas) de renúncia de renda do trabalho (em R\$ milhões)

	Raio de Impacto	
	100 m	200 m
Primários	0,01	0,03
Manufaturados	1,69	4,59
SIUP	0,97	1,58
Construção	0,30	1,22
Comércio	1,77	4,90
Transporte	0,86	1,70
Serviços	7,69	26,38
Administração Pública	1,13	12,33
TOTAL	14,42	52,73
# firmas afetadas	17.333	50.301

O vetor de choque por setor quantifica as unidades de valor adicionado “perdidas” devido à paralisação da produção que é provocada pelos alagamentos. Esse vetor de impacto direto será aplicado ao modelo EEGC. A simulação do modelo fornecerá o valor de produção que poderia ter sido atingida caso as empresas não tivessem se deparado com o problema dos alagamentos. Ou seja, irá gerar o impacto total sobre a produção da cidade de São Paulo, da RMSP, do resto do estado e do Brasil. A razão entre o impacto total e o impacto direto proporcionará um multiplicador setorial, que será utilizado para a identificação dos *hotspots* - pontos de alagamento que causam mais prejuízos econômicos à cidade.

3.2 Estimação dos impactos em nível regional e nacional

Uma das características mais importantes de uma catástrofe física é o seu impacto sobre a economia da região em que ocorre. Poucas horas depois da ocorrência de um furacão, de uma inundação, de um terremoto, ou de um evento físico similar, a mídia anuncia estimativas dos custos econômicos do desastre. Ninguém sabe ao certo qual é o procedimento utilizado para chegar a esses números, que em muitos casos são apenas palpites baseados em experiências de desastres anteriores. No entanto, as estimativas são produzidas e reproduzidas com um ar de autenticidade que esconde sua formulação efetiva. Inevitavelmente, os números acabam

por ser errados, muitas vezes superestimando as perdas (HEWINGS; MAHIDHARA, 1996, p. 205).

A estimação dos efeitos econômicos indiretos decorrentes de um desastre natural dispõe de diferentes técnicas de modelagem, tais como modelagem macroeconômica, análise de insumo-produto e modelos de Equilíbrio Geral Computável (EGC). Cada uma dessas técnicas apresenta méritos e deficiências, mas para a linha de pesquisa de avaliação de impactos econômicos de desastres naturais algumas podem ser mais adequadas do que outras. A maioria das técnicas e modelos econômicos são incapazes de confrontar mudanças significativas em um curto período de tempo, uma vez que tais técnicas assumem mudanças incrementais no sistema ao longo do tempo. Modelos macroeconômicos, por exemplo, estatisticamente estimados por equações simultâneas que representam o funcionamento agregado da economia, são raramente utilizados na estimação de perdas econômicas regionais, pois requerem dados de séries de tempo com muitas observações, que em geral não estão disponíveis para o tipo de análise em questão, dada a natureza inesperada desses eventos (ROSE, 2004). Desastres naturais, por se caracterizarem como fenômenos que podem afetar diversos setores e regiões de uma economia de forma diferenciada, e cujos efeitos podem se amplificar ou anular dentro da cadeia de interrelações econômicas, implicam que as análises de EGC são as mais adequadas ao tema (HADDAD *et al.*, 2010).

Assim como os modelos de insumo-produto, os modelos EGC podem ser altamente desagregados para melhor distinguir os diferentes graus de vulnerabilidade a riscos em todos os setores. Do mesmo modo, as funções de produção incluem todos os insumos, não apenas os fatores primários, permitindo a identificação de escassez de matéria-prima após a ocorrência de desastres naturais de grande magnitude. Mas, ao contrário dos modelos de insumo-produto, os modelos EGC permitem a substituição de insumos, simulando as respostas do mundo real aos impactos de curtíssimo prazo de um desastre. As versões interregionais dos modelos EGC também permitem a substituição de bens produzidos regionalmente por produtos importados. Além disso, modelos EGC são não lineares, refletindo mais de perto o mundo real, como economias de escala e funções de perda não lineares (ROSE; LIAO, 2005, p. 80).

Para estimar os impactos totais dos alagamentos em São Paulo foi utilizado um modelo EEGC. Trata-se de um modelo baseado em otimizações simultâneas do comportamento dos

consumidores e das firmas, sujeito a restrições de recursos. Quando estendido em uma estrutura multirregional, o modelo é capaz de fornecer a distribuição espacial dos impactos.

A especificação do modelo EEGC utiliza como ponto de partida o modelo B-MARIA¹⁶ desenvolvido por Haddad (1999). O modelo B-MARIA, e suas extensões, têm sido amplamente utilizados para avaliar impactos regionais das políticas econômicas no Brasil. Desde a publicação do texto de referência, diversos estudos têm sido realizados utilizando como ferramenta analítica básica variações do modelo original. A estrutura teórica do modelo B-MARIA já é bem documentada. Os resultados são baseados em uma abordagem *bottom-up*, ou seja, os resultados nacionais são obtidos a partir da agregação dos resultados regionais. O modelo identifica diferentes setores de produção e investimento em cada região produtora dos diferentes bens, uma família representativa em cada região, governos regionais, e um governo federal, além de uma região externa que comercializa com cada região doméstica, através de uma rede de portos de saída e portos de entrada. Dois fatores primários locais são utilizados no processo produtivo, de acordo com as dotações regionais: capital e trabalho.

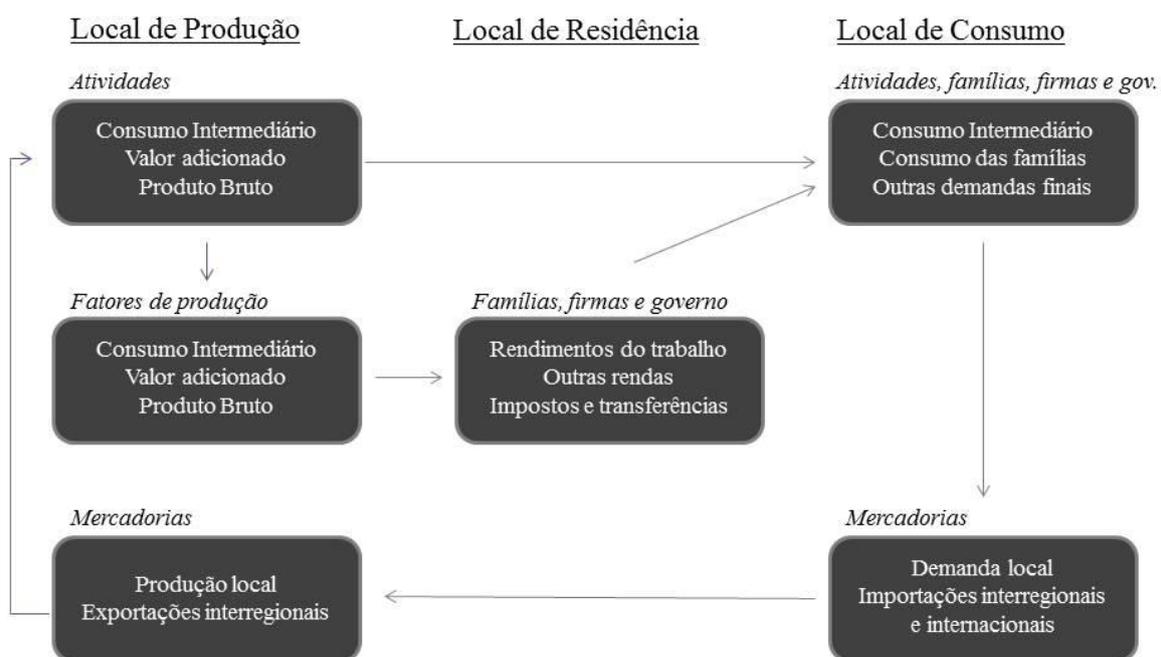
A estrutura do modelo B-MARIA RMSP (extensão do modelo para a RMSP) inclui explicitamente alguns elementos importantes de um sistema interregional, necessários para melhor compreender os fenômenos macro espaciais, quais sejam: fluxos interregionais de bens e serviços, custos de transporte baseados nos pares de origem-destino, movimento interregional de fatores primários, regionalização das transações do setor público, e segmentação de mercados de trabalho regionais. Também foi introduzida no modelo a possibilidade de retornos (externos) não constantes no processo produtivo, de acordo com Haddad e Hewings (2005). Essa extensão é fundamental para representar adequadamente um dos mecanismos de funcionamento de uma economia espacial. O modelo aqui utilizado é estruturalmente calibrado para 2008, e baseado em um sistema interregional de insumo-produto totalmente especificado, considerando 41 regiões, 56 setores e 110 produtos.¹⁷ Trata-se de uma base de dados em nível municipal para o ano de 2008 que foca a RMSP, ou seja, abrange os 39 municípios que compõem a RMSP, o resto do estado de São Paulo e o resto do Brasil. Além disso, mapeia as relações interindustriais por local de produção; os pagamentos

¹⁶ *Brazilian Multisectoral and Regional/Interregional Analysis Model.*

¹⁷ Devido a restrições computacionais foi utilizada uma versão agregada do modelo, com oito setores e oito produtos.

ao fator trabalho por local de residência; e a estrutura de consumo por local de consumo (Figura 6).¹⁸

Figura 6: Relações de insumo-produto incorporadas ao modelo EEGC



¹⁸ Essas diferentes dimensões espaciais seguem os modelos tradicionais de insumo-produto para regiões metropolitanas (HEWINGS *et al.*, 2001; JUN, 2004).

4 RESULTADOS

Usando o modelo EEGC e as estimativas de perdas potenciais diretas¹⁹, baseados em simulações em sistema de informação geográfica nas quais a localização dos pontos de alagamento e das firmas são combinados, foram projetados os impactos econômicos dos alagamentos ocorridos na cidade de São Paulo em 2008.

Para calibrar a área de influência dos pontos de alagamento, foram realizadas pesquisas qualitativas com empresários de regiões que sofrem os transtornos dos alagamentos anualmente. Com as conclusões dessa pesquisa de campo o raio de impacto foi definido dentro do intervalo de 100 a 200 metros. Objetivando checar a robustez dos resultados a essa hipótese, implementou-se uma análise de sensibilidade sistemática aos choques²⁰ com a regra de Quadratura Gaussiana (QG)²¹, que evidenciou que os resultados são sensíveis aos pressupostos adotados. Assim sendo, dois cenários de raio de impacto são apresentados nos resultados: um cenário de raio de impacto de 100 metros, mais factível²²; e outro de 200 metros, atingido apenas nas ocorrências mais severas.

Afora os resultados macroeconômicos básicos, foram identificados os *hotspots* econômicos, ou seja, os pontos de alagamento com maiores perdas potenciais de produção para a cidade e para o país, ampliando o escopo da análise. A vinculação da produção cessante a cada ponto de alagamento possibilita não apenas avaliar a distribuição espacial das perdas, mas também elaborar análises de custo-benefício locais.

¹⁹ O vetor de choque setorial é aplicado no modelo EEGC através do deslocamento da função de produção, conforme conjunto de coeficientes numéricos calculados de acordo com a equação (I).

²⁰ A análise de sensibilidade sistemática dos resultados foi aplicada aos choques, construídos conforme detalhado na seção 3.1, para os raios de impacto de 100 e 200 metros. O método utilizado foi o de QG, com distribuições de probabilidade independentes, simétricas e triangulares para os dois vetores de choque. Usando a desigualdade de Chebyshev construíram-se os limites inferior e superior para representar intervalos de confiança a 95%. Os resultados apontaram alta sensibilidade dos resultados aos choques empreendidos no modelo EEGC.

²¹ A regra de QG é uma das propostas para avaliar a sensibilidade dos resultados do modelo EEGC aos choques exógenos. Essa abordagem analisa as variáveis exógenas chave como variáveis aleatórias com distribuições de probabilidade associadas. Devido à distribuição aleatória das variáveis exógenas, os resultados endógenos também são aleatórios; produzindo estimativas da média e do desvio padrão, o que fornece uma aproximação da verdadeira distribuição associada aos resultados. A precisão do procedimento depende do modelo, da agregação e das simulações utilizadas. Simulações e testes com o modelo GTAP (*Global Trade Analysis Project*), um modelo de larga escala, têm mostrado que as estimativas de média e desvio-padrão são bastante acuradas (HADDAD; HEWINGS, 2005).

²² A pesquisa qualitativa realizada com firmas localizadas em regiões de alagamento indica que a uma distância de até 100 metros do ponto de alagamento (aproximadamente uma quadra), as firmas são certamente afetadas; e nas raras ocasiões nas quais a água invade as instalações, medidas de adaptação preventiva são prontamente realizadas, indicando danos irrisórios ao estoque de capital.

4.1 Resultados macroeconômicos

E se os alagamentos não tivessem ocorrido na cidade de São Paulo em 2008? Qual teria sido a diferença em termos de valor adicionado (ou em termos de PIB) para a cidade e para as outras regiões do país? Os resultados das simulações do modelo EEGC para os dois cenários de raio de impacto foram computados por meio do procedimento Euler 1-2-4 com extrapolação, com um fechamento de curto prazo – ou seja, com estoque de capital exógeno. A análise será concentrada no cenário mais factível de 100 metros de raio de impacto.

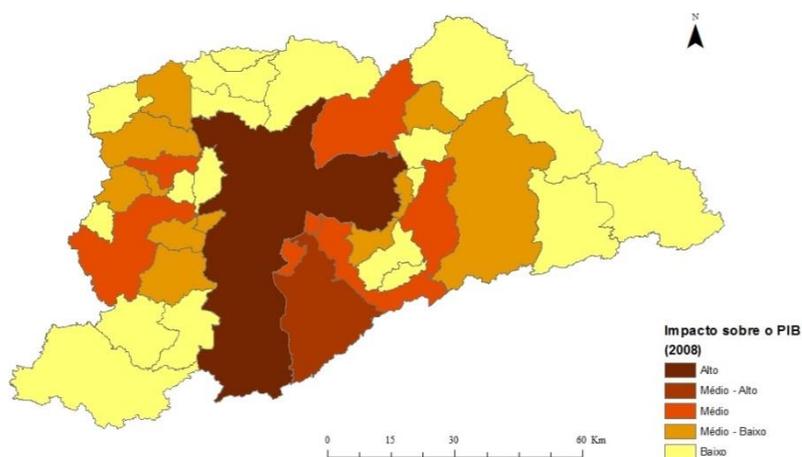
A Tabela 4 apresenta os resultados para os efeitos macroeconômicos dos alagamentos em 2008 gerados pela simulação do modelo EEGC. Verifica-se que os alagamentos na cidade de São Paulo podem ter reduzido o PIB em 0,0211%; e podem ter diminuído o PIB nacional em 0,0056%. Apesar da ocorrência local dos alagamentos, dentro dos limites da cidade, a redução do crescimento do produto ultrapassa seu território. Os alagamentos também contribuem para reduzir o bem-estar dos residentes da cidade (por meio do menor consumo real das famílias), diminuir as receitas fiscais, e reduzir a competitividade doméstica e internacional da cidade, como pode ser verificado pelo agravamento da balança comercial interregional e internacional. Os efeitos sobre o país seguem a mesma direção, com menos consumo das famílias e gastos do governo, e diminuição da competitividade do país nos mercados internacionais.

A Figura 7 representa os impactos nos municípios da RMSP sob uma perspectiva espacial. Apesar de ser um fenômeno local, os efeitos não são apenas locais – eles se espalham por todo o espaço através das ligações de produção e renda. Nota-se que as estimativas dos efeitos dos alagamentos variam consideravelmente entre os municípios da RMSP. Como esperado, os maiores efeitos negativos dos alagamentos são projetados para as municipalidades com coeficientes de ligação mais fortes com a capital (além dos efeitos sobre a própria cidade de São Paulo).

Tabela 4: Impactos macroeconômicos dos alagamentos, 2008
(em variação percentual em relação ao caso base)

	<u>Raio de Impacto</u>	
	100 m	200 m
<u>Cidade de São Paulo</u>		
PIB real	-0,0211	-0,0567
Consumo real das famílias	-0,0047	-0,0062
Consumo real do governo - Regional	-0,0081	-0,0359
Consumo real do governo - Federal	-0,0052	-0,0169
Investimento real	0,0000	0,0000
Exportações interregionais (<i>volume</i>)	-0,0180	-0,0515
Importações interregionais (<i>volume</i>)	0,0002	0,0003
Exportações internacionais (<i>volume</i>)	-0,0472	-0,1222
Importações internacionais (<i>volume</i>)	0,0085	0,0207
<u>Brasil</u>		
PIB real	-0,0056	-0,0150
Consumo real das famílias	-0,0027	-0,0080
Investimento real	0,0000	0,0000
Consumo real do governo - Regional	-0,0051	-0,0188
Consumo real do governo - Federal	-0,0052	-0,0169
Exportações internacionais (<i>volume</i>)	-0,0143	-0,0325
Importações internacionais (<i>volume</i>)	0,0049	0,0097

Figura 7: Perdas potenciais de PIB nas cidades da RMSP, cenário de 100m de raio de impacto



Em termos monetários, o impacto total sobre o valor adicionado da economia brasileira é estimado em R\$ 172,3 milhões (para o cenário de 100 metros de raio de impacto), a valores de 2008, sendo R\$ 35,5 milhões de perda direta, com uma taxa de perda associada de 4,9. Considerando apenas o impacto intra-cidade, a taxa de perda é equivalente a 2,1 (Tabela 5). Dada a fragmentação espacial existente no Brasil, e a estrutura de dependência observada nos dados, a hierarquia dos impactos mostra o resto do Brasil como a segunda região mais afetada, com perdas potenciais de PIB similares em magnitude àquelas projetadas para a cidade de São Paulo. O resto do estado de São Paulo, beneficiado pelo recente processo de esvaziamento da RMSP, apresenta perdas potenciais de PIB maiores do que a totalidade dos outros municípios da RMSP. Assim, o impacto sobre o PIB em todos os cenários é espacialmente distribuído como segue: a cidade de São Paulo e o resto do país com participações similares nas perdas totais, de aproximadamente 44%; o resto do estado de São Paulo com 9%, e os restantes 4% provenientes do resto da RMSP.

Tabela 5: Impacto direto e total sobre PIB (em R\$ milhões)

	<u>Raio de Impacto</u>	
	100m	200m
<u>Perda direta</u>		
Cidade de São Paulo	35.5	116.7
<u>Perda total</u>		
Cidade de São Paulo	75.8	203.8
Resto da RMSP	6.5	15.4
Resto do estado de São Paulo	16.1	40.1
Resto do Brasil	74.0	200.4
Brasil	172.3	459.7
Taxa de perda intra-cidade	2.1	1.7
Taxa de perda total	4.9	3.9

4.2 Hotspots econômicos

Os *hotspots* econômicos são aqui referidos como os pontos de alagamento que acarretaram maiores perdas econômicas potenciais para a cidade de São Paulo, fornecendo uma medida de intensidade dos prejuízos no espaço geográfico.

A estratégia de modelagem integrada permitiu identificar as empresas afetadas por cada ponto de alagamento em um pré-determinado raio de impacto e, a partir das informações de perdas diretas, estimar as perdas totais através da utilização do modelo EEGC. Com isso, o impacto total sobre a produção foi avaliado não só a partir das perdas diretas, mas também dos prejuízos indiretos provocados pela interrupção das longas cadeias produtivas que interligam a cidade de São Paulo à região metropolitana, ao estado de São Paulo e ao restante do país.

Executando um processo de cálculo retroativo é possível obter as estimativas de perda potencial para cada ponto de alagamento, utilizando um multiplicador de impacto. A aplicação desse multiplicador às perdas diretas fornece estimativas dos prejuízos econômicos totais de cada ponto. O multiplicador de impacto é obtido conforme segue:

$$\text{Multiplicador de Impacto}_{ars} = \frac{\text{Perda Potencial Total}_{ars}}{\text{Vetor de Choque}_{as}} \quad (\text{III})$$

Em que:

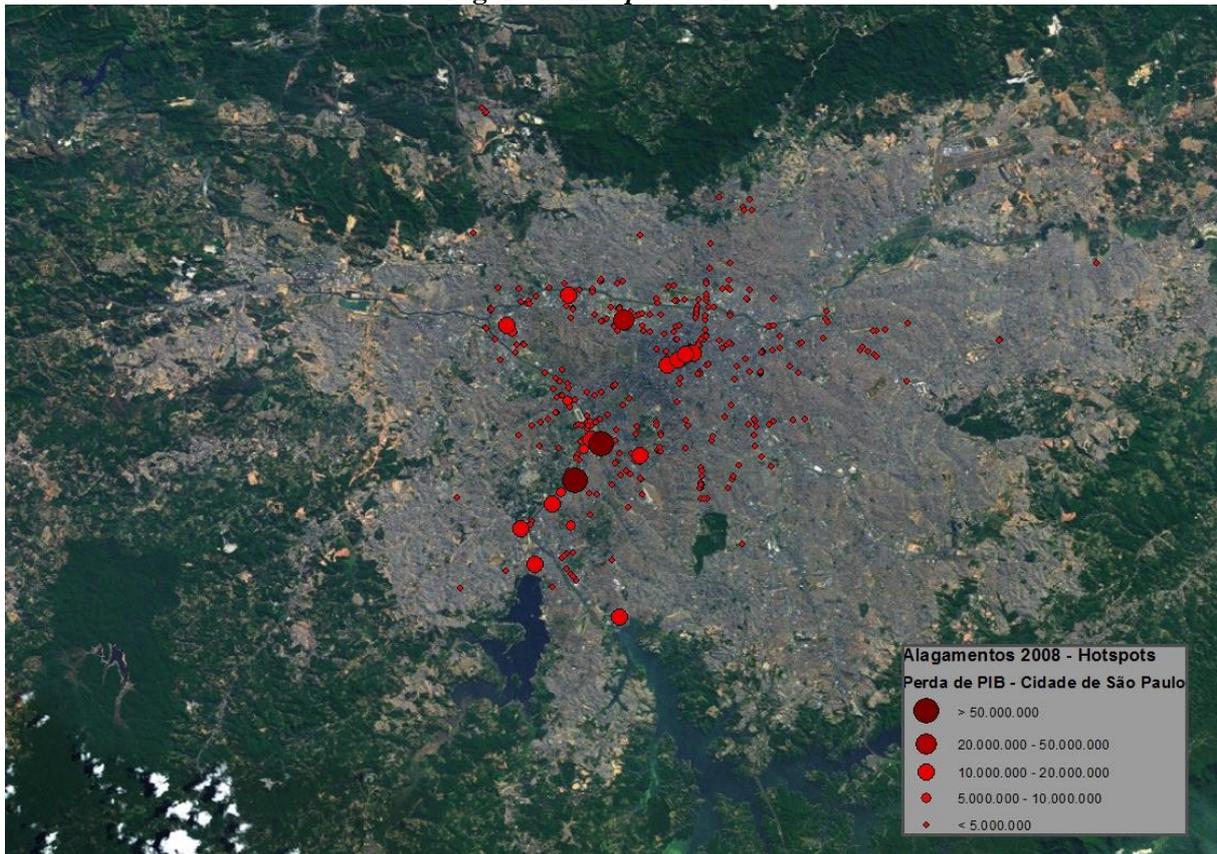
- *Perda Potencial Total*_{ars} é a estimativa de perda potencial total resultante do modelo EEGC para o ano *a*, região *r*, e setor *s*;
- *Vetor de Choque*_{as} é o vetor de choque calculado conforme seção 3.1, que representa as perdas diretas em termos de diminuição de valor adicionado para o ano *a* e setor *s*.

Os setores (*s*) considerados na análise são os oito setores do modelo EEGC²³, e o período em investigação (*a*) está compreendido entre 2008 e 2012. As regiões abrangidas no escopo do estudo dos *hotspots* são os mesmos que compõem o modelo B-MARIA RMSP: a cidade de São Paulo, o resto da RMSP, o resto do estado de São Paulo e o resto do Brasil.

²³ (1) Primários, (2) Manufaturados, (3) SIUP, (4) Construção, (5) Comércio, (6) Transporte, (7) Serviços e (8) Administração Pública.

Assim, aplicando o multiplicador de impacto setorial às perdas diretas associadas a cada ponto de alagamento foi possível obter os *hotspots* de 2008, ou seja, os pontos por perda potencial de PIB para a cidade de São Paulo, representados na Figura 8. O padrão de distribuição espacial dos pontos de alagamento é no entorno dos rios Tietê e Pinheiros, e ao longo do corredor Norte-Sul.

Figura 8: Hotspots de 2008

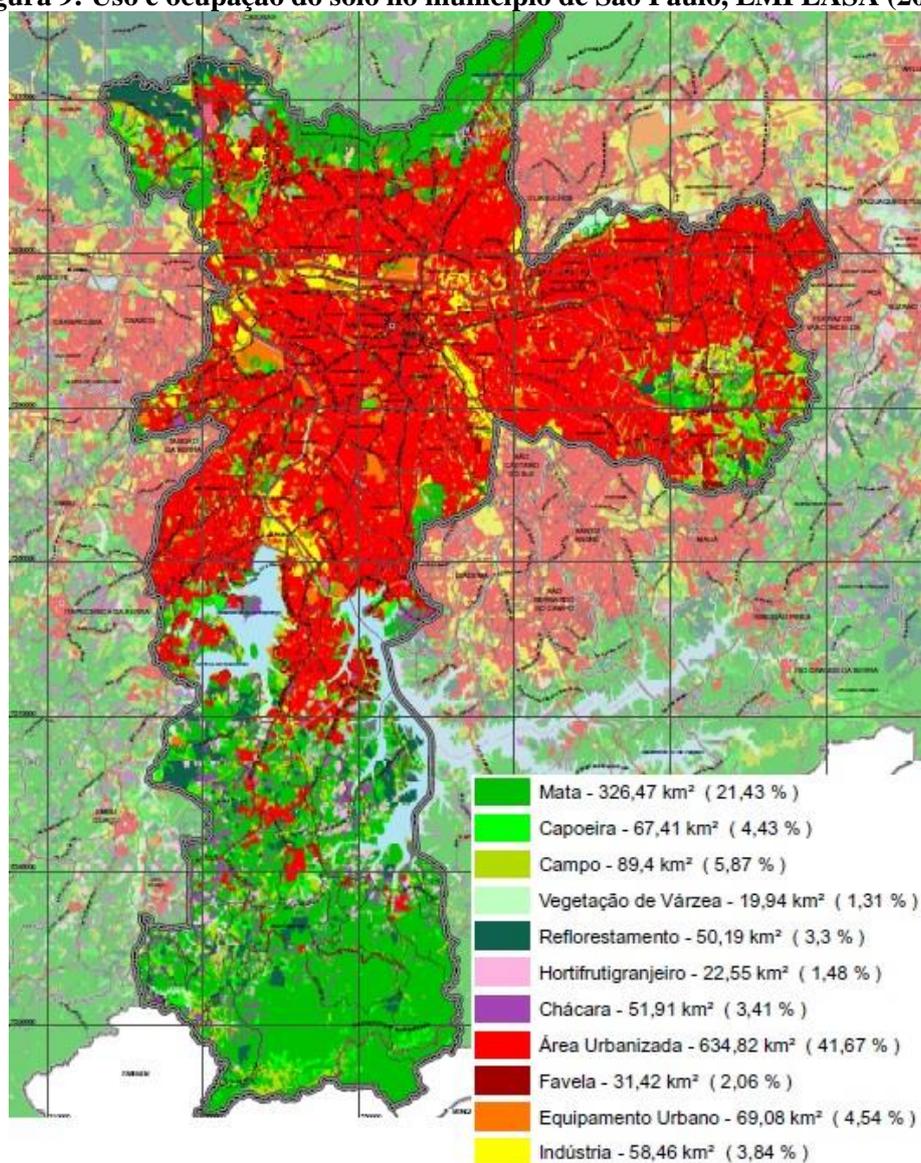


Esse padrão de distribuição dos *hotspots* corrobora a hipótese de que a organização interna da RMSP pode ser aproximada pelo modelo urbanístico Muth-Mills-Alonso, uma vez que as áreas que concentram os pontos de alagamento que causam os maiores prejuízos à cidade representam os principais corredores de escoamento para a indústria de exportação e para o comércio varejista. A Figura 9 foi obtida do Atlas de uso e ocupação do solo do município de São Paulo produzido pela EMPLASA²⁴. O território em vermelho representa as áreas urbanizadas, e a superfície em amarelo representa as indústrias, concentradas principalmente ao redor do sistema viário macrometropolitano, que compreende as vias que configuram a

²⁴ Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano SA. É um órgão vinculado à Secretaria Estadual de Desenvolvimento Metropolitano.

interface das ligações externas da metrópole com a articulação principal do viário metropolitano (que abrange a malha formada pelas ligações intrametropolitanas, estabelecendo relações de acessibilidade entre áreas centrais dos municípios, polos e núcleos de assentamento urbano dentro das regiões metropolitanas). Ou seja, os *hotspots* estão localizados ao longo das principais artérias urbanas da cidade de São Paulo (o entorno dos rios Tietê e Pinheiros, e ao longo do corredor Norte-Sul), ocupada principalmente pela indústria de exportação e o comércio varejista.

Figura 9: Uso e ocupação do solo no município de São Paulo, EMPLASA (2006)



Considerando-se que a estrutura produtiva da economia de São Paulo permaneceu a mesma²⁵, é possível extrapolar os resultados e estimar a perda potencial de produto por ponto de alagamento para os anos de 2009 a 2012. Essas estimativas permitirão não apenas observar possíveis mudanças no padrão geográfico da distribuição dos alagamentos, como também ampliar o escopo para uma análise de custo-benefício das obras “antienchente” que começaram a ser implementadas pela nova gestão da Prefeitura de São Paulo²⁶. Dados desagregados do produto da cidade de São Paulo indicam que a composição do valor adicionado não sofreu profundas alterações (Tabela 6).

Tabela 6: Distribuição do valor adicionado do município de São Paulo, por setor de atividade

	2008	2009	2010
Serviços	78.5%	79.3%	79.6%
Indústria	21.5%	20.7%	20.4%
Administração Pública	7.3%	7.5%	7.0%
Agropecuária	0.0%	0.0%	0.0%
	100.0%	100.0%	100.0%

Fonte: Seade

Dessa forma, utilizando a estrutura produtiva da economia de São Paulo de 2008, e alterando a estrutura de salários²⁷, foram estimadas as perdas potenciais de produto por ponto de alagamento também para o período de 2009 a 2012. Os *hotspots* referentes a esse período são exibidos no Apêndice 1, e apresentam um padrão de distribuição espacial similar ao observado para o ano de 2008.

A relação de *hotspots* que podem ter provocado prejuízos acima de R\$ 20 milhões ao ano, nos últimos cinco anos, pode ser observada na Tabela 7. Vale destacar que as informações de alagamentos disponibilizadas pelo CGE da Prefeitura de São Paulo são fornecidas pelos agentes da Companhia de Engenharia de Tráfego (CET), que monitoram com maior expressividade o centro expandido e os principais corredores de tráfego da capital. Assim, a concentração de pontos nessa região não significa que somente essa área possui problemas com alagamentos, mas sim que não existem informações para as demais regiões da cidade

²⁵ A informação de estrutura econômica e produtiva no nível de desagregação utilizado está disponível até o ano de 2008. Mas a informação de salário está disponível até o ano-base vigente.

²⁶ Em 1 de janeiro de 2013 Fernando Haddad foi empossado prefeito da cidade de São Paulo.

²⁷ Foram utilizados dados atualizados do produto e do salário mínimo vigente em cada ano considerado.

pela falta de monitoramento. Não obstante, a falta de monitoramento fora do centro expandido não representou um problema ao estudo, uma vez que (i) a RMSP é bem representada por um CBD e (ii) as perdas potenciais foram estimadas sob a hipótese de paralisação das atividades produtivas nos locais afetados, que estão concentradas nesse CBD – o centro expandido da cidade de São Paulo.

Tabela 7: Hotspots com maiores perdas potenciais nos últimos cinco anos (2008–2012)

Subprefeitura		
LA	Viaduto Antártica	X Rua Júlio Gonzalez
LA	Rua Hugo D'antola	X Rua Ricardo Cavatton
PI	Marginal Pinheiros	X Ponte do Morumbi
PI	Rua Gomes de Carvalho	X Rua Lourenço Marques
PI	Av Paulista	X Rua Haddock Lobo
PI	Alameda Santos	X Rua Augusta
PI	Av Faria Lima	X Rua Leopoldo Couto de Magalhães Jr.
PI	Av Brasil	X Rua Panamá
PI	Alameda Santos	X Rua Padre João Manuel
PI	Marginal Pinheiros	X Shopping Villa Lobos
SE	Rua Augusta	X Rua Caio Prado
SE	Av Nove de Julho	X Viaduto Plínio de Queiroz
VM	Alameda Santos	X Rua Padre Manoel da Nóbrega

4.3 Benefício marginal das obras “antienchente”

Associada às adversidades dos alagamentos e às medidas para redução de perdas, está uma circunstância que tende a dificultar o problema de lidar de forma eficaz com as perdas provocadas por esses eventos. Medidas estruturais para redução de prejuízos causados por alagamentos, como piscinões e obras de micro ou macrodrenagem, tendem a ter uma escala mínima viável, devido às economias de escala na sua construção. E se tais medidas são executadas, elas automaticamente fornecem redução de alagamentos para todos os ocupantes da planície de inundação, independentemente de objetivar a diminuição de perdas para um indivíduo, ou para um grupo de habitantes. Na linguagem da teoria das finanças públicas, as melhorias concedidas não estão sujeitas ao princípio da exclusão, segundo o qual os

indivíduos que não querem, ou que não podem pagar o preço de um produto ou serviço, podem ser excluídos do consumo dos mesmos.

O princípio da exclusão é uma condição necessária para o mercado convencional funcionar de forma eficiente, e em condições nas quais esse princípio não é válido, o bem ou serviço assume a característica de um bem público. O fornecimento de bens públicos pelo setor privado é de difícil implementação, uma vez que a análise de custo-benefício é complexa e a dificuldade em restringir a sua utilização (o que os tornaria exclusivos) torna seu financiamento quase impossível. Dessa forma, devido a ausência de condições de exclusão, o problema dos prejuízos causados pelos alagamentos requer uma intervenção pública (KRUTILLA, 1966).

Quanto à partilha da responsabilidade pela redução de perdas provocadas por alagamentos entre as autoridades locais e federal, a mesma parece estar baseada em uma lógica errônea, dada a natureza do problema dos alagamentos. Enquanto os governos locais são responsáveis pela prevenção de alagamentos de volume moderado e de ocorrência relativamente regular, o governo federal assume a responsabilidade de desastres associados a fluxos de grandes magnitudes, e com ocorrência pouco frequente.

Apesar de um fenômeno aparentemente local, a análise deste trabalho evidencia que o impacto dos alagamentos na cidade de São Paulo (fenômenos de volume moderado e de ocorrência regular) se expande para além das fronteiras da cidade. Mas a necessidade do reconhecimento de que os efeitos econômicos dos alagamentos não são apenas locais impõe um problema de governança no contexto do federalismo brasileiro. Uma vez que as decisões (e o controle orçamentário) são feitos nos níveis municipal, estadual e federal, problemas de coordenação deverão ser enfrentados. Como Biesbroek *et al.* (2009) apontaram, não há solução inequívoca para os desafios das mudanças climáticas, pois estas exigirão uma combinação de esforços no longo prazo e de tomada de decisões no curto prazo, em todos os níveis governamentais. No contexto do problema dos alagamentos em São Paulo, um desafio adicional surge. Além da estrutura administrativa tradicional com a qual os urbanistas estão habituados – que favorece o tratamento de questões socioeconômicas – camadas espaciais adicionais entram em cena (como a de bacias hidrográficas e clima) trazendo outras dimensões que devem ser integradas na busca por soluções.

Mas qual é o benefício marginal das obras “antienchente”²⁸ executadas no município de São Paulo? O benefício gerado por uma unidade monetária investida em obras de prevenção aos alagamentos supera os seus custos marginais? As externalidades dessas obras para as economias da cidade e do país são positivas ou negativas?

Considerando que a estrutura produtiva da economia de São Paulo manteve-se aproximadamente igual, e alterando a estrutura de salários, a perda potencial de produto acarretada pelos alagamentos seria de aproximadamente R\$ 108 milhões ao ano para a própria cidade, e de R\$ 226 milhões para a economia do país.²⁹ Os resultados obtidos para os últimos cinco anos são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8: Perda potencial de PIB (em R\$ milhões) – cenário de 100 m de raio de impacto

	2008	2009	2010	2011	2012	média
<u>Perda direta</u>						
Cidade de São Paulo	35.5	69.2	52.1	40.7	63.7	52.3
<u>Perda total</u>						
Cidade de São Paulo	75.3	130.3	86.5	97.5	149.0	107.7
Resto da RMSP	6.9	6.1	3.4	3.8	2.2	4.5
Resto do estado de São Paulo	15.2	19.3	13.7	13.4	22.5	16.8
Resto do Brasil	73.3	110.8	82.0	81.3	137.5	97.0
Brasil	170.6	266.5	185.5	196.0	311.2	226.0
Taxa de perda intra-cidade	2.1	1.9	1.7	2.4	2.3	2.1
Taxa de perda total	4.8	3.8	3.6	4.8	4.9	4.3

A nova gestão da Prefeitura da cidade de São Paulo delegou à Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras (SIURB) a responsabilidade pelas obras “antienchente” de microdrenagem. O orçamento aprovado para a execução das obras, que estão espalhadas por toda a cidade, é de R\$ 150 milhões. Tais obras visam contribuir para o escoamento mais rápido de águas em setenta e nove pontos críticos da cidade, evitando a formação de pontos de alagamentos intransitáveis, e o prazo para execução é de seis meses. Comparando a perda

²⁸ Termo utilizado pela imprensa para se referir às obras de micro e macrodrenagem realizadas pela prefeitura do município de São Paulo.

²⁹ Perda potencial média dos últimos cinco anos, mantendo a estrutura produtiva de 2008 e alterando a estrutura de salários.

potencial média para o Brasil em um único ano (de aproximadamente R\$ 226 milhões) com o custo do investimento a ser realizado nessas obras “antienchente”, já seria possível afirmar que os seus benefícios superam os custos, tanto em termos estritamente econômicos quanto em termos sociais, dado o ganho de bem estar proveniente da diminuição dos alagamentos. Todavia, esses valores de perdas potenciais são relativos a todos os pontos de alagamento ocorridos na cidade de São Paulo nos últimos cinco anos. Para uma análise de custo-benefício mais criteriosa, é necessário levar a investigação a um nível local.

Um exercício de análise local pode ser feito com as obras que serão empreendidas no contexto da Operação Água Branca³⁰. Trata-se de uma obra estrutural, de macrodrenagem, que abrange regiões de ocupação da várzea natural do rio Tietê. O investimento será de R\$ 143 milhões, em um prazo de 33 meses, custeado por verba arrecadada dos empreendimentos construídos na região entre 1995 e 2013. O objetivo dessas obras é resolver o problema de um local que tradicionalmente acarreta perdas de produto em uma região sob jurisdição da subprefeitura da Lapa.

A subprefeitura da Lapa está entre aquelas que geram as maiores perdas potenciais de produto decorrente dos alagamentos. No período de 2008 a 2012, as perdas potenciais médias dessa subprefeitura podem ter atingido R\$ 89 milhões por ano. O mapa de perdas por subprefeitura para o ano de 2008 é apresentado na Figura 10, e os mapas de perdas por subprefeitura para os demais anos são apresentados no Apêndice 2. Para prosseguir com a análise de custo-benefício das obras “antienchente” da Operação Água Branca, primeiro traçou-se o perímetro da operação em ferramenta de informação geográfica. Depois foram identificados todos os pontos de alagamento ocorridos nessa área nos últimos anos, e aplicou-se a cada ponto os seus prejuízos econômicos. A perda potencial de produto pode ter atingido, em média, R\$ 38 milhões por ano na região de abrangência desta operação.

³⁰ A Operação Água Branca (Lei 11.774 de 18 de maio de 1995) abrange parte dos bairros da Água Branca, Perdizes e Barra Funda. Sua maior parte está inserida na várzea natural do rio Tietê, englobando inclusive antigos meandros. É uma área suscetível a inundações naturais, mas devido a fatores como desmatamento, impermeabilização do solo, canalização dos córregos contribuintes em galerias fechadas, e ocupação inadequada das margens, tornou-se uma área sujeita a alagamentos pontuais disseminados (Portal da Prefeitura de São Paulo; <http://www.prefeitura.sp.gov.br>. Acesso em 05/09/2013).

Figura 10: Perda potencial de PIB nas subprefeituras de São Paulo, 2008

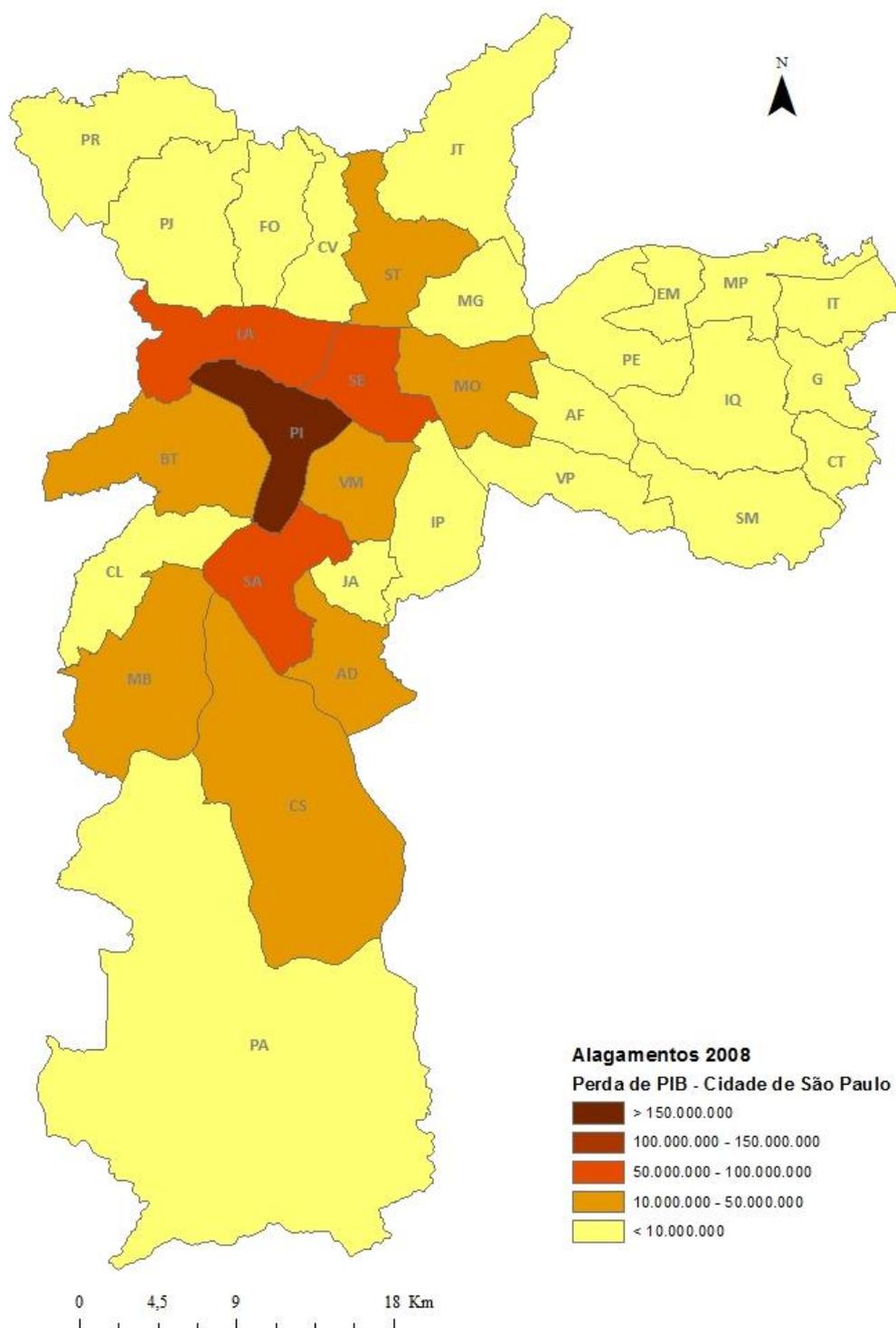
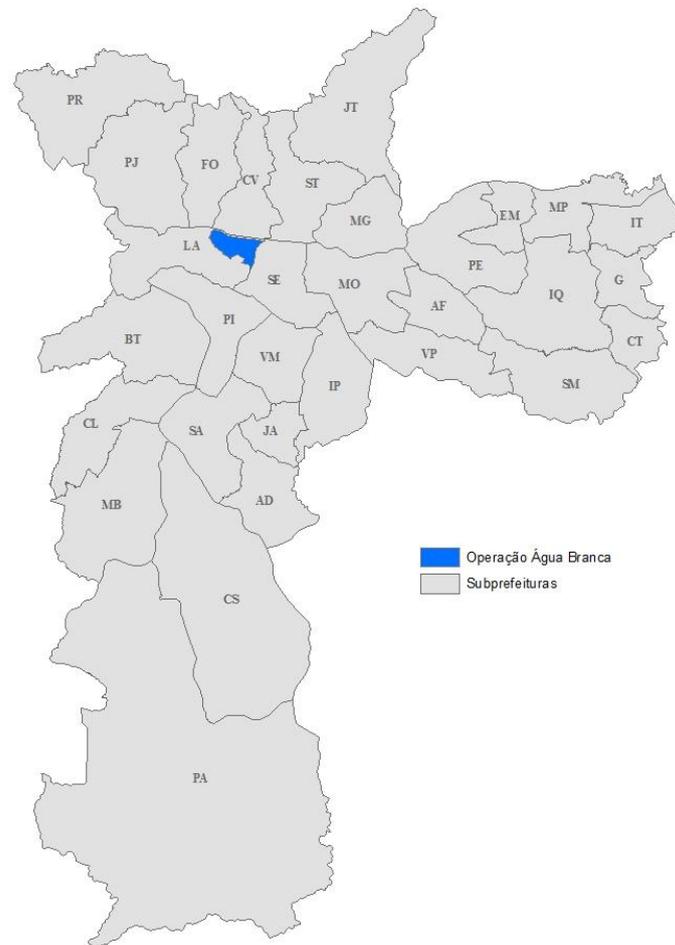


Figura 11: Perímetro da Operação Água Branca



Supondo que os alagamentos na região da Operação Água Branca sejam reduzidos em 90%, haveria uma economia de custos de R\$ 35 milhões por ano após a execução das obras. Calculando a perpetuidade³¹ dessa redução de perdas econômicas provocadas pelos alagamentos, o prejuízo evitado seria de R\$ 560 milhões, computados apenas os custos incorridos para a própria cidade de São Paulo (desconsiderando o espriamento dos efeitos pelas longas cadeias de produção e renda). Ponderando ainda o benefício social promovido pelo investimento, esse se justifica tanto social quanto economicamente.

³¹ Perpetuidade (P) é uma série com infinitos pagamentos ou depósitos. No caso em questão, considera-se como pagamento (R) o benefício marginal das obras “antiinchente”, ou seja, a perda potencial que a cidade de São Paulo deixará de incorrer anualmente. Calcula-se a perpetuidade como $P = R/i$, onde i é a taxa de juros real, calculada com base na taxa de juros de longo prazo (TJLP) em setembro de 2013 (11%) e na meta de inflação da autoridade monetária (4,5%).

Mas é importante destacar que esse exercício de análise dos benefícios marginais das obras “antienchente” da Operação Água Branca não compara os seus benefícios líquidos com os de alternativas de alocação dos recursos públicos dos três níveis de governo. Seria necessário um estudo mais abrangente para definir o melhor uso para a sociedade dos recursos orçamentários escassos, que pudesse adotar critérios de custo-benefício para a tomada de decisões. Critérios esses que permitiriam comparar programas e projetos de desenvolvimento alternativos, concebidos para maximizar o atingimento de objetivos sociais com os menores custos para a sociedade.

A integração de dados com diferentes camadas de informação tornou-se essencial à medida que a conscientização mundial estabelece a impossibilidade do tratamento isolado de variáveis econômicas, sociais e ambientais (ICHIHARA, 2007). Com isso, promovem-se medidas para avaliar economicamente benefícios gerados por projetos com contrapartidas econômicas passíveis de mensuração, além dos benefícios indiretos e intangíveis que geram bem estar às populações locais. Apesar da maior complexidade incorporada aos problemas enfrentados pelas sociedades, também ampliaram-se as possibilidades de análise e planejamento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do início da década de 1970 o número de dias em que as precipitações excederam 80 mm/dia na cidade de São Paulo aumentou. E de acordo com as perspectivas, o número de eventos de chuvas intensas nessa região deve continuar crescendo. A combinação da localização dos pontos de alagamento e das firmas em sistema de informação geográfica estabeleceu os choques na produção que foram usados no modelo EEGC, projetando assim os impactos econômicos dos alagamentos ocorridos na cidade em 2008. Estima-se que os alagamentos contribuíram para reduzir o crescimento econômico da cidade e o bem-estar de seus residentes, bem como prejudicar a competitividade nos mercados doméstico e internacional. Não só a economia da cidade foi afetada, mas também outras economias regionais do Brasil. Dadas as variações marginais na estrutura produtiva da economia da cidade de São Paulo, os resultados foram extrapolados para o período de 2009 a 2012.

Por meio de procedimentos de cálculo retroativo foram obtidos os multiplicadores de impacto, que possibilitaram identificar as perdas potenciais por ponto de alagamento, ampliando o escopo de análise. Com esse novo conjunto de informações foram identificados os *hotspots* econômicos, ou seja, os pontos que causaram as maiores perdas à cidade de São Paulo e ao Brasil. Ademais, essa técnica proporcionou uma ferramenta para avaliar economicamente os benefícios de projetos locais para redução de alagamentos. O exercício de análise da Operação Água Branca demonstrou que os benefícios com medidas corretivas ou preventivas podem superar exponencialmente os custos dos investimentos. Otimizando os gastos na área de infraestrutura, os recursos excedentes podem ser direcionados para outras áreas de interesse da sociedade, como saúde, educação, mobilidade urbana e segurança.

A principal mensagem do trabalho é a necessidade de considerar as interações internas e externas ao sistema urbano para avaliar as consequências de um fenômeno aparentemente local. Medidas relacionadas ao planejamento e controle do uso da terra deveriam ser executadas em paralelo com projetos de engenharia que aperfeiçoem o sistema de drenagem urbano e previnam a emergência de novas áreas de risco, apesar do problema de governança existente no contexto do federalismo brasileiro. Além da estrutura administrativa tradicional, novas camadas de informação entram em cena, trazendo outras dimensões que devem ser integradas na busca por soluções.

REFERÊNCIAS

BARROS, M. T. L. *et al.*. *The impact of urban sprawl on flood risk areas*. In: MOGLEN, Glenn E.. *Managing watersheds for human and natural impacts: engineering, ecological, and economic challenges*. Williamsburg, VA: American Society of Civil engineers, 2005.

BIESBROEK, G. Robert *et al.*. *The mitigation-adaptation dichotomy and the role of spatial planning*. *Habitat International*. [S.l.]: Elsevier, v. 33, p. 230-237, 2009.

BOTZEN, W. J. W.; VAN DEN BERGH, J. C. J. M.. *Insurance Against Climate Change and Flooding in the Netherlands: Present, Future, and Comparison with Other Countries*. *Risk Analysis*. [S.l.:s.n], v. 28, p. 413–426, 2008.

DINIZ, C. C.. *Polygonized development in Brazil: neither decentralization no continued polarization*. *International Journal of Urban and Regional Research*. [S.l.:s.n], v. 18, n.2, p. 293-314, 1994.

GROSTEIN, Marta Dora. *Metrópole e expansão urbana: a persistência de processos “insustentáveis”*. *São Paulo em Perspectiva*. São Paulo: [s.n], v. 15, n.1, p. 13-19, 2001.

GU, Chaolin *et al.*. *Climate change and urbanization in the Yangtze River Delta*. *Habitat International*. [S.l.]: Elsevier, v. 35, p. 544-552, 2011.

HADDAD, Eduardo A.. *Regional inequality and structural changes: lessons from the Brazilian economy*. Aldershot: Ashgate, 1999.

HADDAD, Eduardo A.; HEWINGS, Geoffrey J. D.. *Market imperfections in a spatial economy: some experimental results*. *The Quarterly Review of Economics and Finance*. [S.l.]: Elsevier, v. 45, n. 2, p. 476-496, 2005.

HADDAD, Eduardo A., *et al.*, *Impactos Econômicos das Mudanças Climáticas no Brasil*. In: *Anais do XIV Seminário sobre a Economia Mineira*. 2010.

HARRISON, David M. *et al.*. *Environmental determinants of housing prices: the impact of flood zone status*. *The Journal of Real Estate Research*. [S.l.: s.n.], v. 21, n. 1/2, p. 3-20, 2001.

HEWINGS, Geoffrey J.D.; MAHIDHARA, Ramamohan. *Economic impacts: lost income, ripple effects and recovery*. In: CHANGNON, Stanley (Org.). *The great flood of 1993: causes, impacts and responses*. Boulder: Westview Press, 1996.

HEWINGS, Geoffrey J. D.; OKUYAMA, Yasuhide; SONIS, Michael. *Economic interdependence within the Chicago Metropolitan region: a Miyazawa analysis*. *Journal of Regional Science*. [S.l.]: Blackwell Publishers, v. 41, n. 2, p. 195-217, 2001.

HUNTINGFORD, C. *et al.*. *Impact of climate change on health: what is required of climate modellers?*. **Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene**. [S.l.]: Elsevier, v. 101, p. 97-103, 2007.

ICHIHARA, Silvio Massaru. **O uso combinado dos modelos de insumo-produto e técnicas de geoprocessamento**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2007.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). *Climate change 2007: Synthesis Report*. Valencia. 12-17 Nov. 2007.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: a special report of working groups I and II*. Cambridge: Cambridge University Press, 2012.

JUN, Myung-Jin. *A metropolitan input-output model: multisectoral and multispatial relations of production, income formation, and consumption*. **Annals of Regional Science**. [S.l.]: Springer, v. 38, p. 131-147, 2004.

KONRAD, C. P.; BOOTH, D. B.. *Hydrologic trends associated with urban development for selected streams in the Puget Sound Basin, Western Washington*. **U.S. Geological Survey, Water-Resources Investigations Report 02-4040**. Disponível em: <<http://pubs.usgs.gov/wri/wri024040/>>. Acesso em: 20/08/2013.

KRUTILLA, John V., *An Economic Approach to Coping with Flood Damage*. **Water Resources Research**. Washington, D.C.: Resources for the Future, v.2, n.2, p. 183-190, 1966.

LINNEKAMP, F. *et al.*. *Household vulnerability to climate change: Examining perceptions of households of flood risks in Georgetown and Paramaribo*. **Habitat International**. [S.l.]: Elsevier, v. 35, p. 447-456, 2011.

MARENGO, J. A. *et al.*. *Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system*. **International Journal of Climatology**. [S.l.]: Royal Meteorological Society, v. 29, p. 2241 – 2255, 2009.

MCDONALD, John F.; MACMILLEN, Daniel P.. **Urban Economics and Real Estate: Theory and Policy**. [S.l.]: Blackwell Publishing., 2007.

NOBRE, C. *et al.*. *Vulnerability of Brazilian megacities to climate change: The São Paulo Metropolitan Region (RMSP)*. In: MOTTA, Ronaldo S. *et al.*. **Climate change in Brazil: economic, social and regulatory aspects**. Brasília: IPEA, 2011.

OKUYAMA, Yasuhide. *Economic modeling for disaster impact analysis: past, present, and future*. **Economic Systems Research**. [S.l.]: Routledge, v. 19, n. 2, p. 115-124, 2007.

OSTROWSKY, Maria de S. B.. Urbanização e controle de enchentes: o caso de São Paulo. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1991.

ROSE, Adam. *Economic principles, issues, and research priorities in hazard loss estimation*. In: OKUYAMA, Yasuhide; CHANG, Stephanie E.. *Modeling spatial and economic impacts of disasters*. New York: Springer, 2004.

ROSE, Adam; LIAO, Shu-Yi. *Modeling regional economic resilience to disasters: a computable general equilibrium analysis of water service disruptions*. *Journal of Regional Science*. Malden: Blackwell, v.45, n. 1, p. 75-112, 2005.

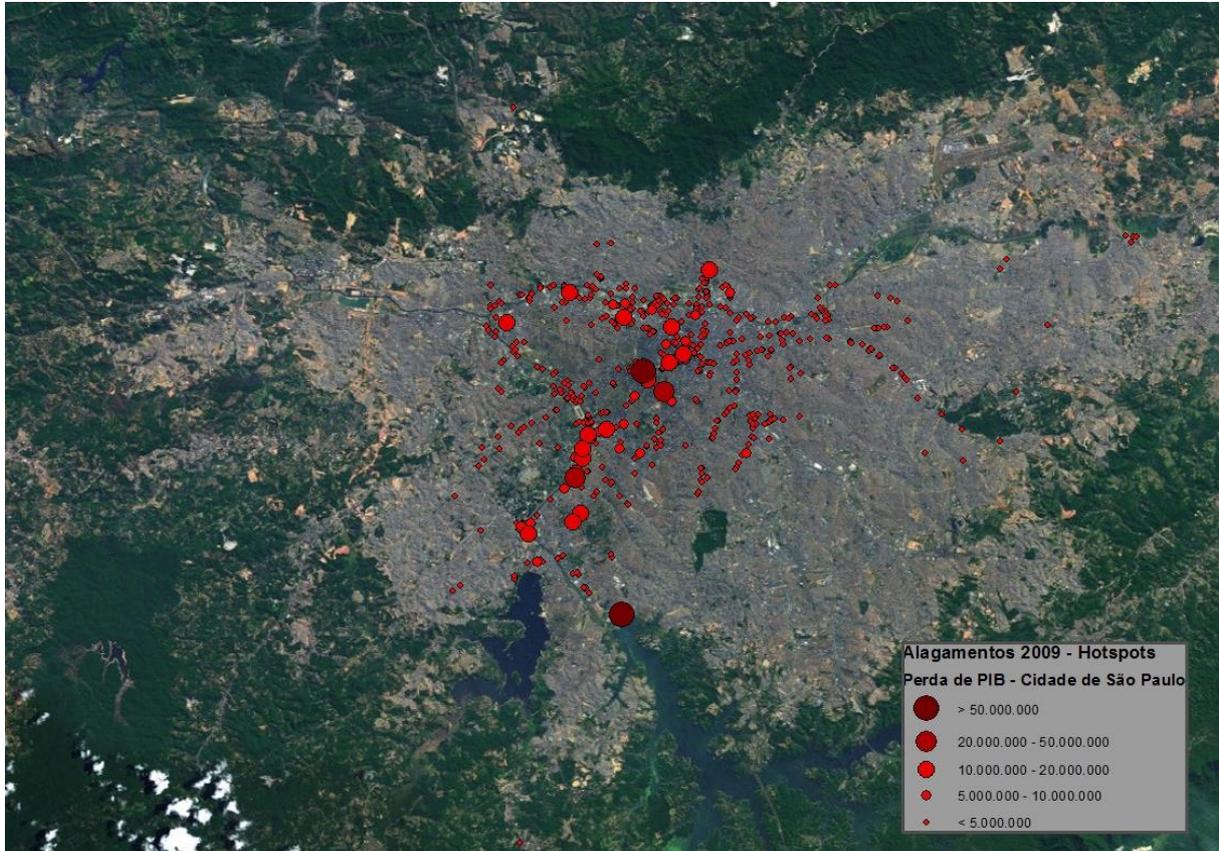
SHEPHERD, J. Marshall *et al.*. *Rainfall modification by major urban areas: observations from spaceborne rain radar on the TRMM satellite*. *Journal of Applied Meteorology*. [S.l.]: American Meteorological Society, v. 41, p. 689-701, 2002.

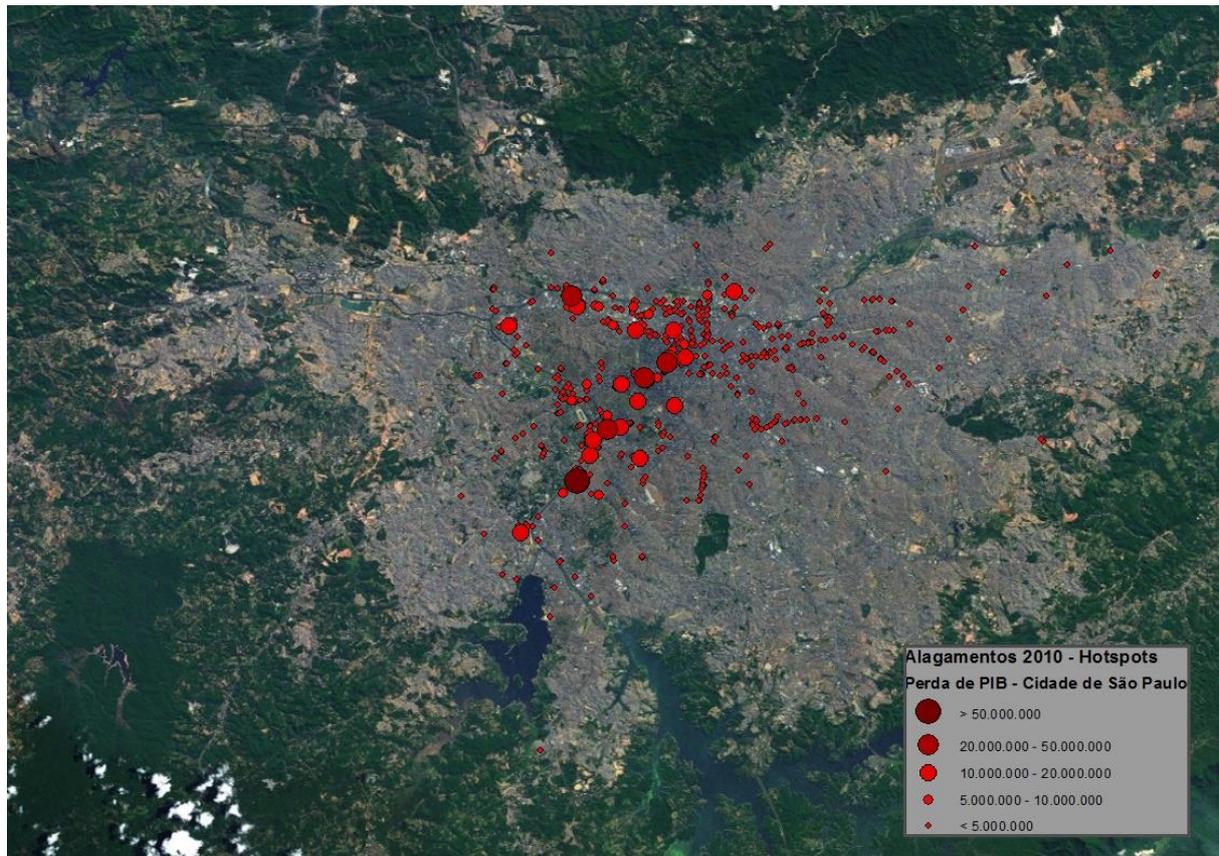
SILVA DIAS, Maria A. F. *et al.*. *Changes in extreme daily rainfall for São Paulo, Brazil*. *Climatic Change*. [S.l.]: Springer, v. 116, p. 705-722, 2012.

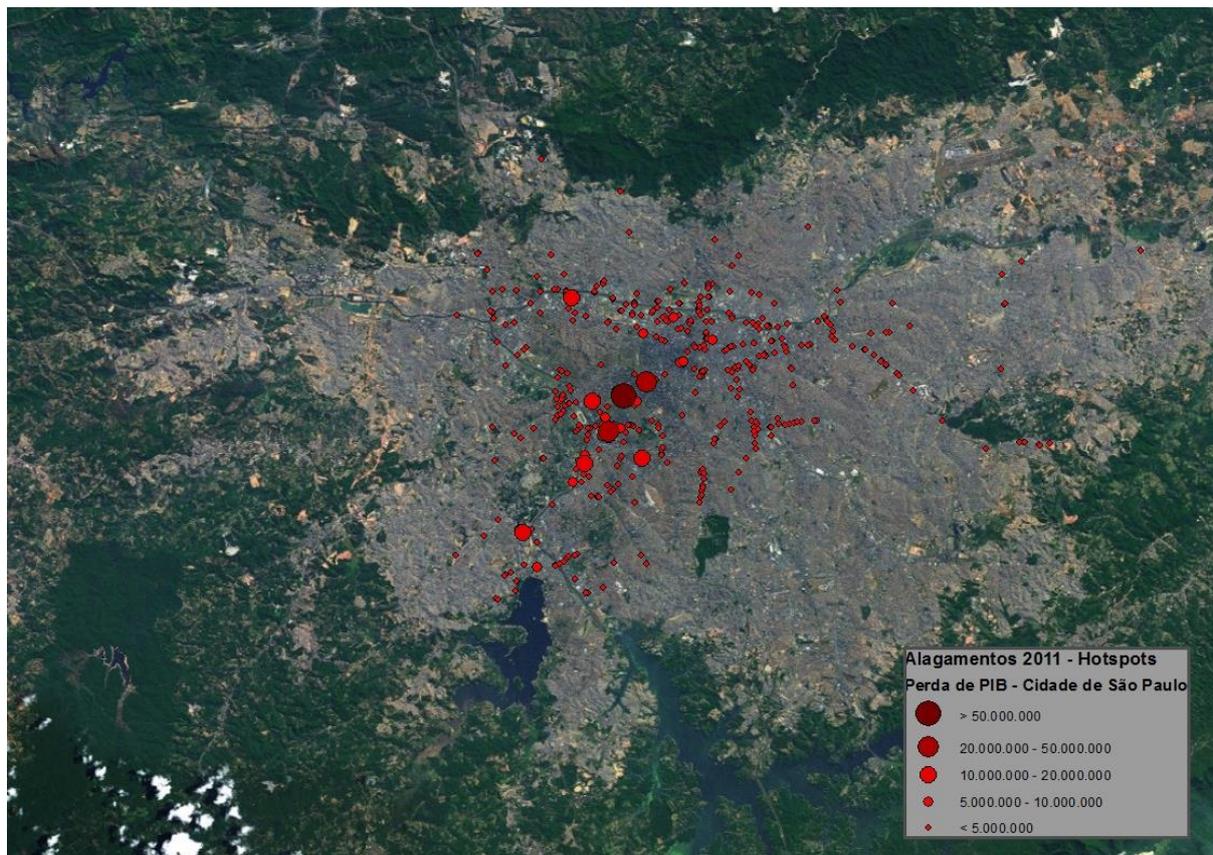
SUAREZ, Pablo. *et al.*. *Impacts of flooding and climate change on urban transportation: A systemwide performance assessment of the Boston Metro Area*. *Transportation Research*. [S.l.]: Elsevier, v. Part D 10, p. 231-244, 2005.

UNITED NATIONS, The; WORL BANK, The. *Natural hazards, unNatural disasters: the economics of effective prevention*. Washington DC: [s.n.], 2010.

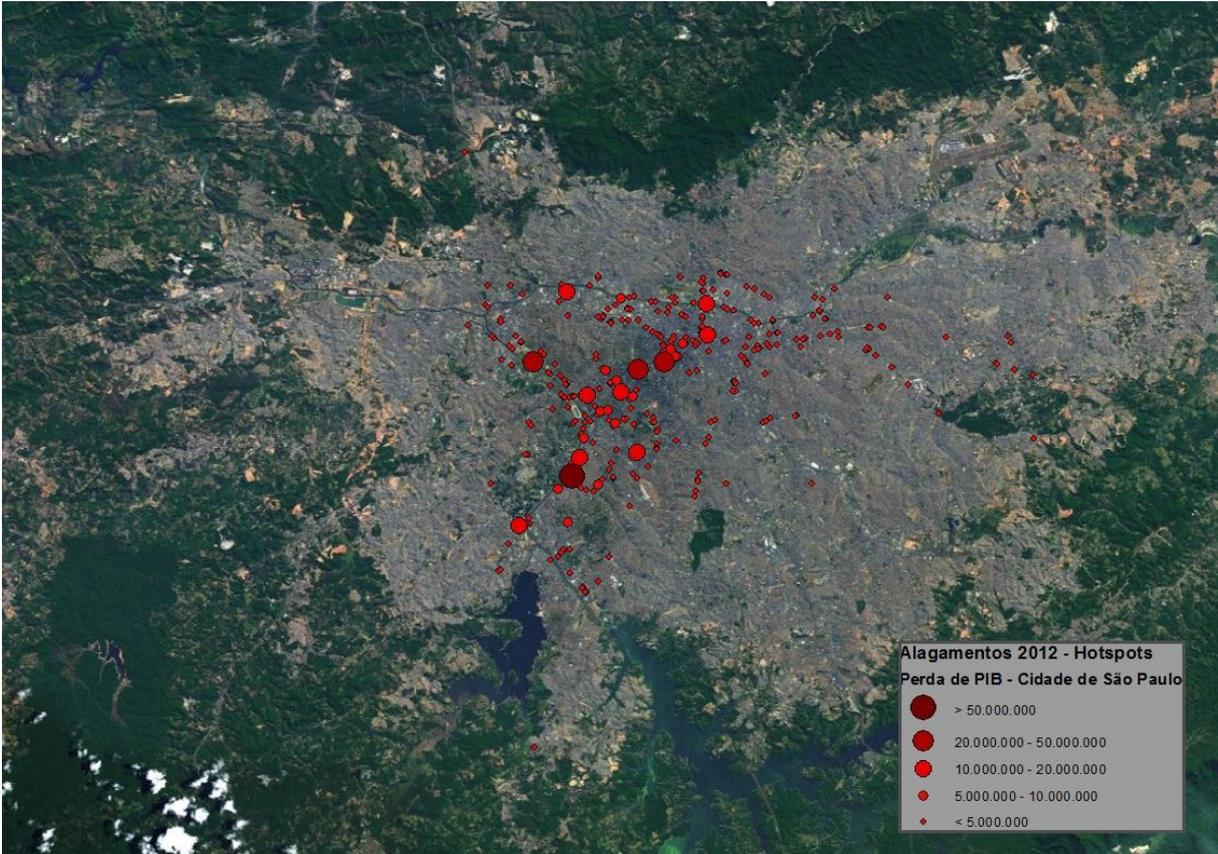
VAN DER VEEN, Anne; LOGTMEIJER, Christiaan. *Economic Hotspots: Visualizing Vulnerability to Flooding*. *Natural Hazards*. [S.l.]: Springer, v. 36, p. 65-80, 2004.

APÊNDICE 1. HOTSPOTS ECONÔMICOS**Apêndice 1.1. Hotspots 2009**

Apêndice 1.2. Hotspots 2010

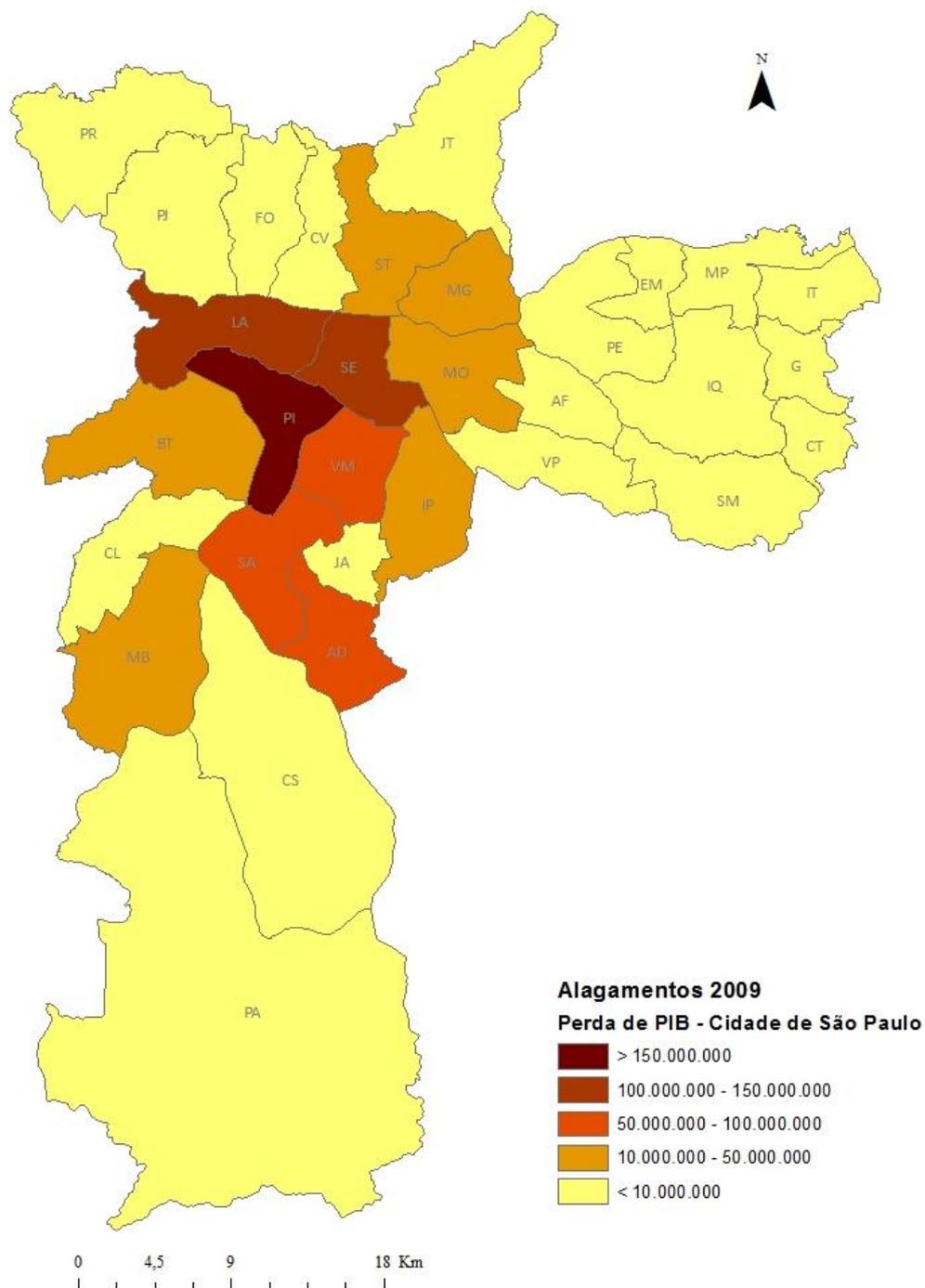
Apêndice 1.3. Hotspots 2011

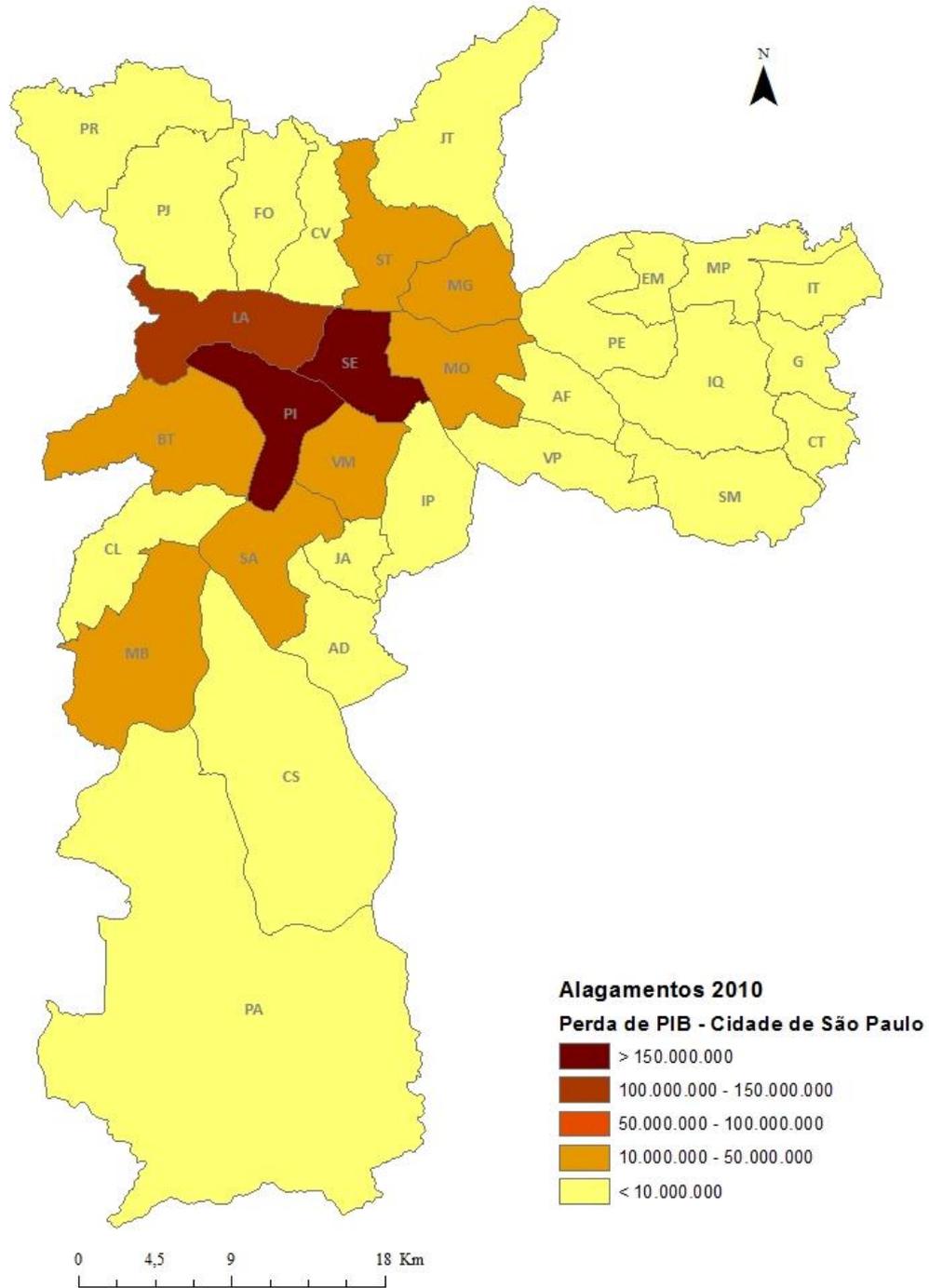
Apêndice 1.4. *Hotspots 2012*



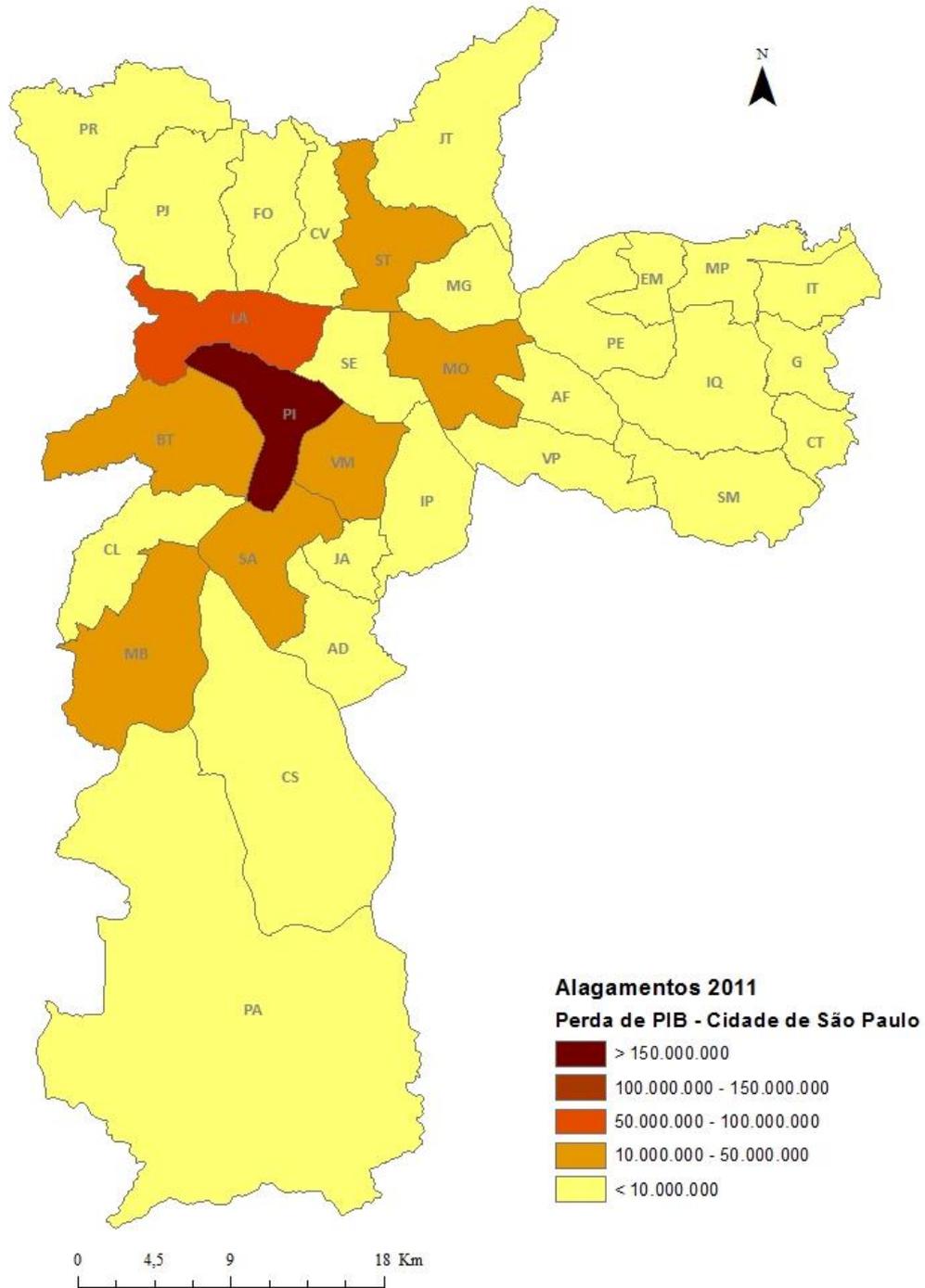
APÊNDICE 2. PERDAS POTENCIAIS DE PIB POR SUBPREFEITURA

Apêndice 2.1. Perda potencial de PIB nas subprefeituras de São Paulo, 2009



Apêndice 2.2. Perda potencial de PIB nas subprefeituras de São Paulo, 2010

Apêndice 2.3. Perda potencial de PIB nas subprefeituras de São Paulo, 2011



Apêndice 2.4. Perda potencial de PIB nas subprefeituras de São Paulo, 2012