



VULNERABILIDADES DAS MEGACIDADES BRASILEIRAS ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS:

Região Metropolitana de

São Paulo

RELATÓRIO FINAL



Editado por Carlos A. Nobre e Andrea F. Young



VULNERABILIDADES DAS MEGACIDADES BRASILEIRAS ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS: REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO RELATÓRIO FINAL

Editores

Carlos A. Nobre e Andrea F. Young

Coordenação Editorial

Ana Paula Soares

Design gráfico

Magno Studio

Fotos da capa

Alagamento na Avenida Aricanduva - Marcelo Thomaz/FotoRepórter

Raios em SP - Fabio Teixeira/FotoRepórter

Chuva em SP - Epitácio Pessoa/Agência Estado

Apoio



Realização



Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Centro de Ciência do Sistema Terrestre
Avenida dos Astronautas, 1758
Jardim da Granja
12227-010, São José dos Campos, SP
Brasil
www.inpe.br/ccst

Universidade Estadual de Campinas
Núcleo de Estudos de População
Cidade Universitária Zeferino Vaz
Av. Albert Einstein, 1300
13081-970, Campinas, SP
Brasil
www.nepo.unicamp.br

Dezembro, 2011

VULNERABILIDADES DAS MEGACIDADES
BRASILEIRAS ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS:

Região Metropolitana de

São Paulo

RELATÓRIO FINAL



**VULNERABILIDADES DAS MEGACIDADES
BRASILEIRAS ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS:
REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO**

CARLOS AFONSO NOBRE

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE

ANDREA FERRAZ YOUNG

Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP

PAULO HILÁRIO NASCIMENTO SALDIVA

Faculdade de Medicina, USP

JOSÉ ANTÔNIO MARENGO ORSINI

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE

ANTÔNIO DONATO NOBRE

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, INPA

AGOSTINHO OGURA

Instituto de Pesquisas Tecnológicas, IPT

OSÓRIO THOMAZ

Instituto de Pesquisas Tecnológicas, IPT

GUILHERMO OSWALDO OBREGÓN PÁRRAGA

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE

GUSTAVO COSTA MOREIRA DA SILVA

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE

RICARDO OJIMA

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN

MARIA VALVERDE

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE

ANDRÉ CARVALHO SILVEIRA

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE

GRASIELA DE OLIVEIRA RODRIGUES

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE



AGRADECIMENTOS

À Embaixada Britânica, sob o comando do Embaixador Alan Charlton, à sua equipe e, em especial, a Luciana Carrijo e Cristiane Fontes, pelo imprescindível apoio técnico e logístico dedicado a esta pesquisa.

À FAPESP, pelo apoio à realização do primeiro Painel de Especialistas em São Paulo, e pela reportagem publicada na Revista Pesquisa FAPESP em maio de 2010.

À Dra. Magda Adelaide Lombardo, Professora Titular da Universidade Estadual Paulista (UNESP - Rio Claro), por sua contribuição nas discussões e coordenação dos primeiros Painéis de Especialistas realizados nas Regiões Metropolitanas de São Paulo e Rio de Janeiro.

Ao vereador Gilberto Nataline e sua equipe, vereador Eduardo Jorge Martins Alves Sobrinho e Dr. Fábio Feldmann, pela participação nas discussões sobre as mudanças climáticas e seus impactos sobre as políticas públicas e o processo de adaptação da cidade de São Paulo.

Ao Dr. Volf Steinbaum, assessor-técnico responsável pela condução do Programa de Mudanças Climáticas na Secretaria do Verde e do Meio Ambiente, pela coordenação e apoio na realização do segundo Painel de Especialistas em São Paulo.

Ao Dr. Roger Rodrigues Torres, do Centro de Ciência do Sistema Terrestre do INPE, pela contribuição científica referente à Modelagem Atmosférica das Mudanças Climáticas na Região Metropolitana de São Paulo, sob a orientação do Dr. José Antônio Marengo Orsini.

A Gláucia Pereira da Silva, assistente-administrativo do Centro de Ciência do Sistema Terrestre do INPE, pelo suporte técnico-administrativo na execução da pesquisa.

A todos os que direta ou indiretamente ajudaram o desenvolvimento da pesquisa “Vulnerabilidades das Megacidades Brasileiras às Mudanças Climáticas: Região Metropolitana de São Paulo.”





IN MEMORIAM

DANIEL J. HOGAN

Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP

O Prof. Dr. Daniel Joseph Hogan, do Núcleo de Estudos de População da UNICAMP, coordenou o projeto de pesquisa “Vulnerabilidades das Megacidades Brasileiras às Mudanças Climáticas: Região Metropolitana de São Paulo e Rio de Janeiro”, em conjunto com o Prof. Dr. Carlos Afonso Nobre, do Centro de Ciência do Sistema Terrestre do INPE. Participou deste projeto com impressionante dedicação, através da Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais (Rede CLIMA/MCT) e do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas (INCT), preocupando-se fundamentalmente com as dimensões humanas das mudanças climáticas.

SINÉSIO ALVES JUNIOR

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE

Sinésio Alves Junior, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), desenvolvia sua pesquisa de Doutorado junto ao Centre for Advanced Spatial Analysis - University College London (UK). Foi gerente do projeto “Vulnerabilidades das Megacidades Brasileiras às Mudanças Climáticas: Região Metropolitana de São Paulo e Rio de Janeiro”. Sua atuação foi fundamental para o desenvolvimento da pesquisa, desempenhando suas atividades com grande dedicação, esforço e competência.



Índice

SCHU

Sumário	12
----------------------	-----------

Introdução

Contexto e objetivos	14
----------------------------	----

Parte 1

Onde e como a RMSP é vulnerável

Capítulo 1

A Região Metropolitana de São Paulo	24
---	----

Capítulo 2

Aspectos da vulnerabilidade em São Paulo	28
---	----

Capítulo 3

O clima da Região Metropolitana de São Paulo.....	35
---	----

Capítulo 4

Tendências climáticas de longo prazo detectadas na Região Metropolitana de São Paulo.....	45
---	----

Capítulo 5

Projeções do clima futuro para a Região Metropolitana de São Paulo.....	60
---	----

Capítulo 6

Cenários de risco e vulnerabilidades associadas a enchentes e inundações na Região Metropolitana de São Paulo.....	73
--	----

Capítulo 7

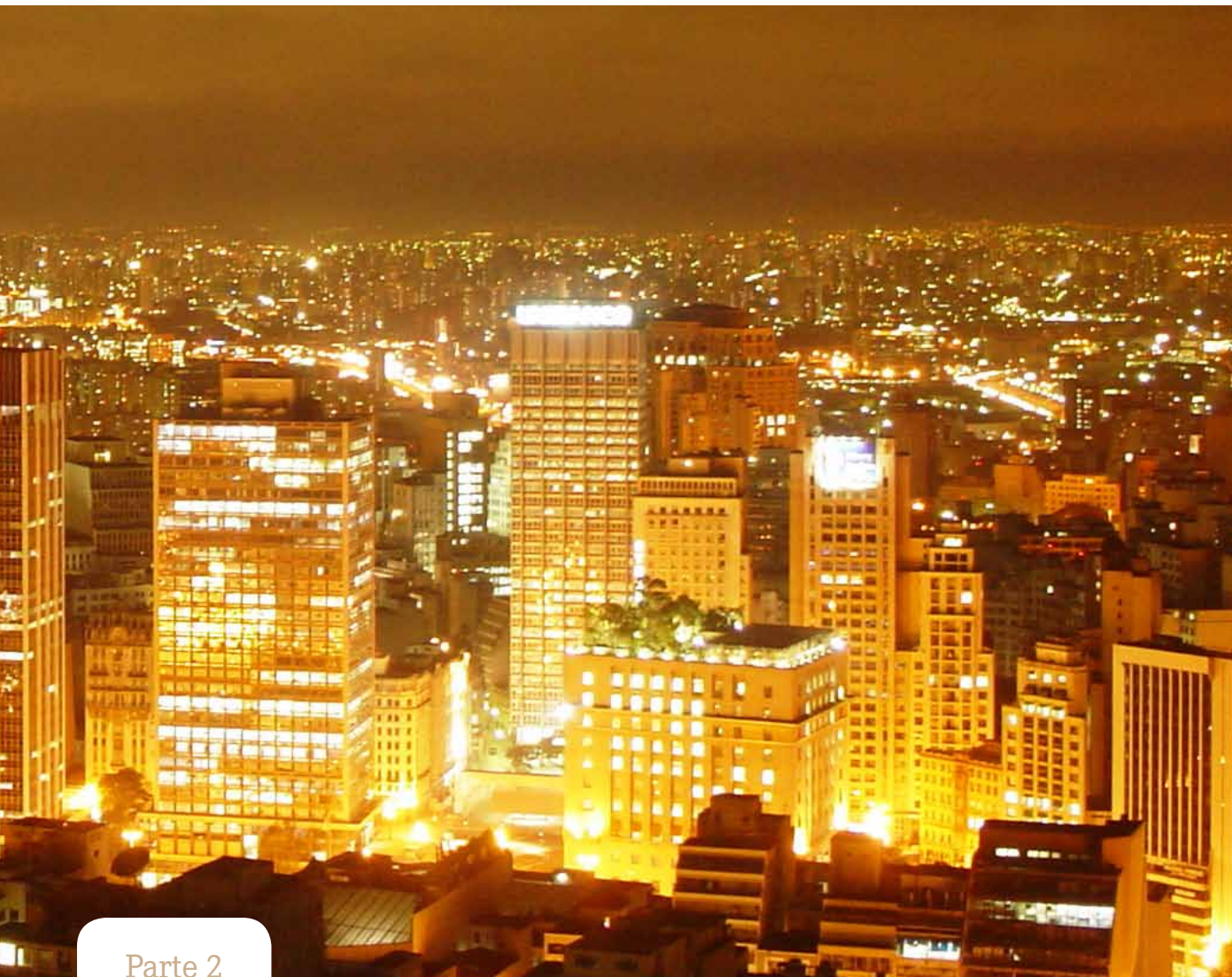
Cenários de risco e vulnerabilidades associadas a deslizamentos.....	79
--	----

Capítulo 8

O processo de expansão da RMSP em 2030 e a propagação das áreas de risco.....	91
---	----

Capítulo 9

Mudanças climáticas e implicações na saúde.....	99
---	----



Parte 2

Adaptação e desafios

Capítulo 10

Medidas de adaptação 114

Capítulo 11

Desafios enfrentados pela RMSP..... 117

Apêndices e Anexos

Apêndice 1

Escopo e metodologia de trabalho dos
painéis de especialistas 124

Apêndice 2

Considerações gerais sobre o clima da
Região Metropolitana de São Paulo 127

Apêndice 3

Banco de dados do projeto Vulnerabilidades
das Megacidades Brasileiras: Região
Metropolitana de São Paulo..... 132

Apêndice 4

Aspectos conceituais sobre riscos de
inundações e enchentes na RMSP 138

Apêndice 5

Aspectos conceituais sobre riscos de escorregamento
de massa em encostas na RMSP..... 144

Apêndice 6

Reflexões sobre o processo de expansão
urbana da RMSP 147

Apêndice 7

Sugestões para adaptação às mudanças
climáticas na RMSP 159

Anexos..... 164

Referências Bibliográficas..... 171

Nota sobre os autores..... 183

Sumário

Uma grande questão que se coloca para as metrópoles brasileiras é se estão preparadas para enfrentar os impactos das mudanças climáticas. Durante os anos de 2008 a 2011, buscou-se lançar alguma luz sobre esse assunto por meio de um estudo interdisciplinar para identificar as vulnerabilidades das duas principais megacidades brasileiras—as regiões metropolitanas de São Paulo e do Rio de Janeiro. Este relatório trata da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), identificando impactos das mudanças climáticas na incidência de desastres naturais e na saúde, tendo como cenário de fundo a continuada expansão urbana nessa ampla região.

Projeções indicam que, caso o padrão de expansão da RMSP seja mantido conforme registros históricos, em 2030 a mancha urbana será aproximadamente 38% maior do que a atual, aumentando os riscos de desastres naturais como enchentes, inundações e deslizamentos de massa em encostas, atingindo cada vez mais a população como um todo e, sobretudo, os mais vulneráveis.

Em geral, significativas transformações no clima local são geradas pelo modo como as áreas urbanas se desenvolvem, através de intervenções desconexas com intensa verticalização, compactação e impermeabilização do solo, supressão de vegetação e cursos d'água. Considerando o acelerado processo de expansão urbana e o atraso na implantação de infraestrutura adequada ao ritmo de crescimento das cidades da RMSP, estas não se encontram preparadas para os efeitos das mudanças climáticas.

Duas fontes de mudanças climáticas convergem sobre a RMSP. De um lado, a própria urbanização intensifica o efeito de ilha urbana de calor, com resultado de aumento de mais de 2° C nos últimos 50 anos no centro de São



Paulo e ocorrência duas a três vezes maior de fenômenos de chuvas intensas que deflagram desastres naturais. A isso se somam os riscos do aquecimento global. Os riscos serão potencializados pelo aumento da temperatura e dos padrões de circulação atmosférica regional, tendo como consequência o aumento da frequência de eventos de chuvas intensas, principalmente no verão. Estudos preliminares sugerem que, entre 2070 e 2100, a temperatura poderá sofrer elevação média de 2° C a 3° C e o número de dias com chuvas mais intensas poderá dobrar.

Cenários de risco são apresentados neste relatório e se referem a análises que mostram os impactos e vulnerabilidades atuais e futuras, com projeções para 2030, através da aplicação de um modelo de projeção da mancha urbana associado ao modelo HAND (*Height Above the Nearest Drainage*). Esse estudo permitiu identificar quais seriam as possíveis áreas ocupadas no futuro e seu risco potencial, caso o padrão de uso e ocupação do solo atual se perpetue sem nenhuma alteração e controle.

Se esse processo de expansão urbana se concretizar, mais de 20% da área total em 2030 será suscetível e poderá eventualmente ser afetada por acidentes naturais provocados pelas chuvas.

Com auxílio desses modelos também são identificadas as áreas suscetíveis ao risco de leptospirose em virtude da ocorrência de enchentes. Paralelamente, são analisadas ainda questões referentes às doenças respiratórias associadas à exposição de poluentes atmosféricos e às péssimas condições socioambientais.

O estudo sugere ainda medidas de adaptação, que envolvem um conjunto de ações que as cidades da região metropolitana e suas instituições públicas e privadas deverão enfrentar em busca de soluções para os impactos e perigos que sofrerão.

Entre essas estão maior controle e fiscalização sobre construções, principalmente aquelas localizadas em áreas de risco; investimentos em transportes coletivos, sobretudo metroferroviários; garantias de preservação dos recursos naturais como as várzeas e áreas de proteção permanente ao longo dos rios, através da implantação de parques lineares e em encostas íngremes; investimentos em pesquisas voltadas para a modelagem do clima e quantificação de benefícios decorrentes de medidas de adaptação às mudanças climáticas, entre outras.

A experiência real de como esta importante região do país reagiu às grandes mudanças ocorridas nos últimos 50 anos mostra que houve, de fato, acomodação a elas, com escassas políticas públicas de enfrentamento. Em última análise, esta contribuição inicial ao entendimento do impacto das mudanças climáticas na RMSP procura despertar interesse e consciência para a crítica questão da adaptação a essas mudanças, fator essencial à melhoria da qualidade de vida e ao desenvolvimento sustentável e à construção de cidades resilientes no Brasil.



Introdução



CONTEXTO E OBJETIVOS

A mudança global do clima deverá afetar todos os aspectos da vida social no século XXI. As transformações necessárias para enfrentar os desafios colocados pelo aquecimento global e as medidas de adaptação aos impactos provocados vão muito além da indispensável transição tecnológica.

No início de março de 2009, cerca de 2.500 pesquisadores se reuniram em Copenhague (Dinamarca) para rever os mais recentes estudos referentes ao quadro geral de mudanças climáticas e, em linhas gerais, mostraram que a situação vem se tornando cada vez mais crítica (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2009).

No encontro, os pesquisadores se uniram para alertar, mais uma vez, os responsáveis pelo processo de tomada de decisão sobre a gravidade do problema. A ideia foi atualizá-los sobre os estudos realizados desde que o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) divulgou seu quarto relatório de avaliação (IPCC AR4)¹.

Os estudos elaborados desde então vêm prevendo um futuro mais crítico ainda, no qual as mudanças climáticas ocorreriam antes do que se imaginava e de modo mais intenso. Um dos trabalhos, por exemplo, do oceanógrafo alemão Stepham Rahmstorf ², sugere que a elevação do nível do mar pode ser mais do que o dobro da prevista anteriormente pelo IPCC (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2009).

Outras pesquisas mostram que o Ártico e a Antártida estão aquecendo mais rápido do que se esperava. A conclusão é a mesma do relatório de 2007, ou seja, é necessário promover uma urgente redução das emissões de carbono e de outros gases de efeito estufa na atmosfera do planeta (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2009).

Essa proposta gera impactos de ordem econômica e política, especialmente porque afeta as maiores indústrias do mundo: petróleo, carvão e gás natural, com faturamento anual acima de 11 trilhões de dólares. Alguns setores da economia já estão começando a se adaptar e a utilizar fontes alternativas de energia. E diversos países e governos vêm adotando políticas públicas no setor energético com vistas a reduzir as emissões de

gases de efeito estufa. Muito pouco, porém, perto do que precisa ser alcançado.

Desde que foi criada a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCC), na Rio-92, existe um esforço internacional para estabelecer metas e mecanismos que promovam a estabilização das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera. Entretanto, somente as normas internacionais não são suficientes para resolver o problema. As negociações ainda são lentas, e as decisões muito genéricas e de difícil aplicação prática (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2009).

Os interesses econômicos e geopolíticos são diversificados em função das diferenças socioeconômicas entre os países. A inexistência de um sistema mundial de regulação e a falta de mecanismos de sanção tornam muitos tratados internacionais pouco eficazes. Sua aplicação depende em grande parte de acordos econômicos, subjacentes à ordem política e econômica mundial (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2009).

Diante disso, faz-se ainda mais premente a aprovação de normas no âmbito dos governos nacionais e subnacionais com medidas de combate às causas das mudanças climáticas. Essa regulação interna pelos países pode estimular o desenvolvimento de políticas mais adequadas à nova realidade climática.

No relatório divulgado em 2007, os cientistas do IPCC estimaram que uma concentração de 500 a 550 ppm de CO₂ na atmosfera elevará a temperatura em provavelmente 3° C, o suficiente para extinguir espécies de plantas e animais, afetar significativamente a agricultura, derreter geleiras em montanhas e afetar o suprimento de água de centenas de milhões de pessoas. No encontro de março de 2009, em Copenhague, os pesquisadores informaram³ que a capacidade de tolerância do planeta pode ser inferior a um aumento da temperatura global de 2° C (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2009).

Na COP de 2007, em Bali (Indonésia), os participantes já tinham acordado que os países emergentes (incluindo Brasil e Índia), mesmo sem

1. 4º Relatório de Avaliação - AR4 (*Fourth Assessment Report*): O quarto relatório do IPCC, discutido em novembro de 2006, em Valência, teve seu Sumário Executivo divulgado no início de fevereiro de 2007. Esse sumário apresenta dados que indicam que onze dos últimos doze anos foram os mais quentes desde que a temperatura global começou a ser medida, em 1850.

2. Rahmstorf, S., 2007: Response to Comments on "A semi-empirical approach to projecting future sea-level rise". Science, 317, 1866d.

3. Os dados foram apresentados com o objetivo de conscientizar os governantes da necessidade de decisões mais efetivas até o final de 2009, na reunião da Conferência das Partes (COP) da Convenção do Clima da ONU. Na ocasião, representantes de 190 países decidiram como proceder nos próximos anos em relação ao aquecimento global. Seriam decididos os rumos do novo regime climático global. Esperava-se que houvesse consenso para a definição de um novo acordo com metas rigorosas que fossem capazes de evitar as mudanças climáticas mais drásticas previstas para as próximas décadas, o que não aconteceu. O final de 2009 era considerado o prazo limite para a definição do regime que teria validade a partir de 2013 em substituição ou complementação ao Protocolo de Kyoto, cujo primeiro período de vigência expira em 2012.

metas obrigatórias, adotariam voluntariamente medidas “mensuráveis, reportáveis e verificáveis” de redução de emissões. A adoção de metas mensuráveis, reportáveis e verificáveis (MRV) depende, entretanto, da formulação de políticas públicas nos níveis nacionais e subnacionais, cuja discussão é objetivo principal deste documento.

Infelizmente, a COP 15, realizada em dezembro de 2009, não resultou em um acordo definitivo devido à necessidade de muitos acertos quanto aos diferentes interesses entre as nações desenvolvidas e em desenvolvimento. Entre as pautas principais e mais complexas estavam a definição de ações de mitigação (redução de danos) e de adaptação, assim como acordos de investimentos em tecnologias limpas e a introdução do mecanismo de Redução de Emissões do Desmatamento e da Degradação florestal (REDD), o que significa não concentrar os parâmetros de fontes emissoras apenas nos combustíveis fósseis. Mas, mesmo no âmbito global, as maiores preocupações ainda residiam na mitigação e não no processo de adaptação.

Em todas as análises sobre a COP 15, as decisões dependiam essencialmente de posicionamentos efetivos dos EUA e da China, além de outros membros importantes como Índia, União Europeia e Brasil.

O Brasil adotou como compromisso nacional voluntário⁴ ações de mitigação das emissões de gases de efeito estufa, com vistas a reduzir entre 36,1% e 38,9% suas emissões projetadas até 2020.

A aprovação do plano nacional sobre essa matéria, cuja discussão encontra-se em curso no Congresso Nacional e no executivo federal, precisa, necessariamente, passar pela avaliação de todos os grupos interessados. Nesse sentido, tornam-se pertinentes estudos que embasem o processo de tomada de decisão, visando aproximá-los da realidade principalmente em áreas urbanas.

Os centros urbanos constituem um dos grandes desafios do século XXI, já que mais de 3,3 bilhões de pessoas vivem em cidades e prevê-se que esse número aumente para 5 bilhões em 2030.

Inegavelmente, as cidades, e mais especificamente as megacidades, representam o lócus de considerável expansão econômica, mas ao mesmo tempo respondem por grande parte das emissões e consequentes danos ambientais.

No caso brasileiro, o acelerado processo de urbanização desencadeou a ocupação do território sem considerar suas características naturais, impondo um severo e complexo conjunto de modificações diretas e indiretas ao meio físico e biótico.

Paralelamente, a pressão causada pela expansão urbana acelerada, associada à falta de planejamento urbano integrado, implicou em um crescente processo de segregação espacial e desigualdade social.

Esse processo torna os desafios em relação às cidades ainda mais complicados, pois é onde grande parcela da população irá sentir os impactos das mudanças climáticas. Os impactos já podem ser verificados no número maior de vítimas de enchentes causadas por chuvas intensas e tempestades, bem como aumento do número de mortes e doenças provocadas por ondas de calor e períodos de seca. Muitos desses fenômenos vêm ocorrendo (ou são acentuados) em decorrência direta do próprio processo de urbanização.

Megacidades como São Paulo apresentam inúmeros problemas socioambientais associados aos padrões de desenvolvimento e transformação do espaço, que têm sido agravados pelo aumento da temperatura e intensificação de eventos climáticos extremos. Uma das principais preocupações da sociedade contemporânea referente ao clima está relacionada à variabilidade climática atual e às possíveis mudanças futuras no clima nas grandes cidades, particularmente na frequência e intensidade dos eventos extremos no tempo e no clima e seus impactos na população nas áreas urbanas e suas periferias.

A perversa combinação entre mudanças climáticas mais acentuadas e maior pobreza e/ou maior vulnerabilidades da população, observada globalmente, também se manifesta em nível regional e nacional no Brasil. Mesmo as regiões com maior capacidade de adaptação econômica e social, como o estado e a cidade de São Paulo, particularmente a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), podem ser fortemente impactadas pelas variações observadas e as projeções futuras de extremos climáticos, especialmente nas áreas mais pobres das cidades.

O futuro das megacidades vai depender cada vez mais de ações de planejamento e sistemas de gestão integrados, uma vez que as transformações da realidade econômica, social e política serão profundas.

A economia terá de incorporar progressivamente em sua contabilidade os custos ambientais de

4. Para alcançar os objetivos do Plano Nacional de Mudanças Climáticas, essa decisão, apresentada na COP 15, foi instituída através da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, sobre a Política Nacional sobre Mudança do Clima.

curto, médio e longo prazos. Isso provocará mudanças na estrutura de produção e consumo.

As evidências apresentadas neste relatório mostram que as mudanças climáticas estão provocando impactos cada vez mais graves em megacidades como São Paulo. A maioria desses impactos está associada às variações do clima causadas pela forma de apropriação dos recursos naturais e degradação ambiental.

Os ecossistemas naturais da Terra fornecem aos seres humanos uma grande variedade de recursos comercializáveis, tais como alimentos, matéria-prima, combustíveis, serviços de purificação do ar e da água; decomposição de resíduos orgânicos; moderação dos efeitos causados pelos períodos de cheias e secas; solos férteis e muitos outros. Embora os ecossistemas em equilíbrio naturalmente acomodem uma determinada quantidade de distúrbios, as atividades humanas depositaram forte pressão sobre eles.

De modo geral, essa degradação não respeita fronteiras administrativas, muito menos os limites de apropriação. As emissões de gases de efeito estufa e a poluição afetam todos os países e só poderão ser efetivamente enfrentadas através de esforços coletivos em diferentes níveis governamentais.

Em um mundo onde os países desenvolvidos respondem por mais de dois terços das emissões de gases de efeito estufa, as mudanças climáticas irão ampliar a magnitude dos efeitos causados por eventos extremos associados principalmente à pobreza presente nos grandes centros urbanos de países em desenvolvimento.

Sob essa ótica, os riscos e sua magnitude dependerão da severidade, frequência, distribuição e imprevisibilidade relativas ao clima. Recentemente, a adaptação aos impactos adversos das mudanças climáticas tem sido reconhecida como área prioritária para as políticas nacionais e internacionais. O quarto relatório do IPCC enfatiza a urgência de ações e a abrangência das respostas necessárias para lidar com essa realidade.

A comunidade científica tem um importante papel de informar e criar a base de dados que auxiliará a identificação, o desenvolvimento e a implementação de respostas efetivas para aprimorar a capacidade de adaptação e redução das vulnerabilidades. Este relatório examina um modo pelo qual cientistas e tomadores de decisão poderão avançar na agenda relativa aos impactos e às medidas de adaptação.

Este documento é uma contribuição relevante para o processo de tomada de decisão, pois foi

realizado com a contribuição de especialistas nacionais e internacionais preocupados com a evidência de fatos relativos aos problemas climáticos contemporâneos, com ênfase ao meio urbano. Foram realizados dois painéis⁵ com a participação de pesquisadores dedicados à temática, gestores e tomadores de decisão de órgãos municipais e estaduais que têm como área de atuação a gestão urbana e ambiental. Para maior clareza, o relatório foi organizado em tópicos específicos, embora reconhecendo que existe uma grande superposição dos temas.

Os cenários climáticos apresentados neste estudo se baseiam em dados históricos para a Região Metropolitana de São Paulo. Mais do que um exercício acadêmico, o relatório apresenta dados e análises objetivas que exemplificam os impactos atuais e projeções futuras.

Como será detalhado, é possível explicar cerca de 80% da variabilidade das afecções pulmonares, por modelos que levam em conta clima e poluição do ar. Da mesma forma, a taxa de internações por leptospirose pode ser prevista com base na pluviosidade observada na Região Metropolitana de São Paulo.

No tocante à ocupação do solo, foram construídos modelos que conseguem prever a expansão da mancha urbana caso sejam mantidos os atuais padrões de uso e ocupação sem controle efetivo. Nesse cenário, haverá um aumento significativo da impermeabilização do solo, do desaparecimento de várzeas e ocupação de áreas de mananciais, bem como do processo de assoreamento dos rios, com a intensificação de ocorrências associadas a enchentes, inundações e deslizamentos.

Projeções climáticas indicam que haverá substanciais mudanças na temperatura, intensidade e duração de eventos extremos em âmbito regional. A ausência de visão estratégica da importância do controle do crescimento das cidades levará a riscos e consequências cada vez mais intoleráveis, considerando o aumento do grau de vulnerabilidades por conta da expansão urbana para localidades periféricas impróprias para uso e ocupação do solo, principalmente em caso de incidência de eventos pluviométricos cada vez mais severos. Este documento

5. Os Painéis foram realizados no Rio de Janeiro (13 a 16 de julho de 2009) e em São Paulo (20 a 23 de julho 2009). As instituições participantes foram: Coppe/UFRJ, Fiocruz, CPTEC/INPE, Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), Centro de Estudos de Metrópole (CEM), Instituto Florestal (IF), Prefeitura Municipal de São Paulo (PMSP), Geo-Rio (Prefeitura do Rio de Janeiro), Instituto Pereira Passos (IPP), Empresa Paulista de Desenvolvimento Metropolitano (Emplasa, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Programa CBERS/INPE (Satélite Sino-brasileiro de Recursos Terrestres), Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb), Fundação Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro (Ceperj).

ultrapassa os limites de um simples diagnóstico e aponta soluções, que devem ser embasadas em políticas públicas consistentes.

As emissões precisam ser reduzidas drasticamente. E as ações nesse sentido têm que partir das mais variadas instâncias, através de acordos internacionais, planos governamentais de âmbitos federal, estadual e municipal, e decisões dos vários setores produtivos e da sociedade civil.

As respostas às ameaças ambientais globais têm que ser coerentes com os objetivos de desenvolvimento socioeconômico, entretanto não é mais possível permanecer sob a jurisdição das regras de mercado⁶. O mercado fatalmente será influenciado pela necessidade de adaptação.

Tal fato requer a integração de medidas estratégicas nas agendas de desenvolvimento nacional, que representariam um marco institucional, em que diferentes aspectos seriam considerados e abordados em termos das ameaças ambientais.

Frequentemente, os problemas ambientais globais têm sido abordados de maneira isolada, de alcance limitado. Em muitos países, as agendas ministeriais são incumbidas de implementar convenções internacionais, que produziram grandes volumes de textos sem ações efetivas correspondentes. Torna-se urgente a adoção de ações para adaptação e renovação, focadas em estratégias de desenvolvimento limpo que possam responder simultaneamente às preocupações de ordem social e econômica.

Reconhecendo que as mudanças rumo à sustentabilidade passam por alterações comportamentais, que somente ocorrerão caso exista compartilhamento das informações e formação de liderança, o Centro de Ciência do Sistema Terrestre do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CSST/INPE) e o Núcleo de Estudos de População da Universidade Estadual de Campinas (NEPO/UNICAMP) lideraram a elaboração deste estudo e a implementação dos painéis do *International Expert Panel: Megacities, Vulnerability, and Global Climate Change* (Painel Internacional de Especialistas: Megacidades, Vulnerabilidades e Mudanças Climáticas), apoiados pelo *Global Opportunities Fund Climate Change and Energy Programme*, do Reino Unido (GOF- UK), pela Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais (Rede CLIMA/MCT), pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas (INCT) e pelo Programa

Fapesp⁷ de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais.

Um dos pontos altos deste relatório, que reflete o trabalho dos Painéis⁸, foi a ênfase na vulnerabilidade e nas ações de adaptação. São os pontos que tocam os governos locais de forma mais direta e exigem atenção cuidadosa de todos os órgãos que estão envolvidos na gestão urbana e territorial, pois refletem a forma como os sistemas, lugares e instituições responderão aos impactos e ao novo contexto.

A mudança climática não é algo que ocorrerá uniformemente em todo o mundo. Cada lugar precisa estar atento às suas próprias características para entender como os impactos específicos que atingirão seu território afetarão suas estruturas. É com esse olhar sistêmico que o relatório incorpora as várias dimensões urbanas, fundamentais à perspectiva interdisciplinar e multissetorial desenvolvida pelos painéis.

Não parece possível tratar a mudança climática do ponto de vista da governança, apenas como evento climático ou meteorológico. Assim como não é possível discutir os problemas relativos às enchentes e inundações apenas sob a ênfase ou perspectiva estrutural da engenharia. É necessário caminhar em direção a um entendimento da vulnerabilidade que valorize a relação entre os elementos ambientais (em sua diversidade) e construídos (em sua diversidade), pois é disso que se trata a gestão das megacidades.

A adaptação, nesse contexto, envolve o conjunto de ações que as cidades e as instituições terão que enfrentar em busca de soluções para os impactos e perigos que sofrerão. Conhecer os perigos e seus impactos, portanto, é fundamental para propor medidas de adaptação que tornem as cidades mais resilientes.

Em grande medida, o presente documento deduz que as políticas e estratégias necessárias para levar em conta os impactos das mudanças climáticas globais e daquelas causadas pela própria urbanização sobre a Região Metropolitana de São Paulo deverão ser consistentes e complementares com enfoque em mecanismos diversos, tais como: desenvolvimento limpo, remoção de resíduos tóxicos, planejamento do uso e ocupação do solo, mobilidade sustentável, recomposição da função dos ecossistemas naturais em áreas urbanas e uma nova engenharia, ou seja, uma nova forma de pensar as questões relativas ao desenvolvimento urbano sustentável.

6. Mercado sob a ótica capitalista se refere a um sistema econômico caracterizado pela propriedade privada dos meios de produção, existência de comércio livre, processo ininterrupto de produção coletiva em massa, geração de lucro e acúmulo de capital.

7. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo.

8. Uma descrição detalhada dos Painéis de Especialistas pode ser encontrada no apêndice 1, descrevendo estrutura de trabalho e conjuntos de dados coletados.

Tal transformação somente será atingida com mecanismos de gestão democrática e orçamentos participativos, que envolvam representantes governamentais, políticos, comunidades e especialistas, os quais deverão fazer parte da agenda de adaptação com o objetivo de construir cidades ambientalmente mais saudáveis e melhor preparadas para um desenvolvimento que seja ao mesmo tempo social, econômico e ambiental.

Este relatório foi elaborado para contribuir com a discussão sobre a necessidade de o Brasil adotar políticas e programas, tanto de ordem pública quanto privada, para reduzir os problemas relacionados às mudanças climáticas. A intenção é mostrar o estado da ciência nessa matéria e traçar o cenário das negociações internacionais a fim de estimular as diferentes lideranças sociais a assumir o desafio de combate às causas das mudanças climáticas através de ações estratégicas e medidas de adaptação.

Na primeira parte do relatório, apresenta-se um resumo dos principais cenários climáticos na escala global. Esse apanhado não tem a pretensão de exaurir o assunto. Novos resultados são apresentados continuamente enquanto os cientistas tentam projetar com mais precisão como o clima deve se comportar no futuro. Os dados compilados aqui, no entanto, dão uma noção de quão importante é lidar com o problema.

Na sequência, são apresentadas algumas especificidades da Região Metropolitana de São Paulo com o aprofundamento das questões sobre os impactos do clima na região. Foram realizadas análises integradas, tendo como base os dados e informações disponibilizadas por órgãos e entidades municipais e estaduais. Nesse caso, as informações disponíveis se apoiaram nas discussões realizadas pelos especialistas do *“International Expert Panel: Megacities, Vulnerability, and Global Climate Change.”* Os resultados possibilitaram identificar as principais áreas vulneráveis às mudanças climáticas.

Na segunda parte, foi realizada uma discussão sobre as medidas gerais e setoriais que precisam ser tomadas para enfrentar a questão. Uma ação realmente efetiva dependerá da articulação de diferentes setores econômicos, em parceria com os governos nacional, estaduais e municipais.

O relatório sugere algumas medidas estratégicas que podem auxiliar os governos locais a consolidar sua contribuição para a redução dos efeitos das mudanças climáticas, no âmbito dos acordos nacionais e internacionais sobre o tema. Espera-se que os tomadores de decisão deste país percebam a urgência do problema e se unam para enfrentar os desafios relativos a essas mudanças.

DESAFIOS DAS CIDADES FRENTE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS

Segundo as estimativas do Fundo de População das Nações Unidas (UNFPA, 2007), em 2008 atingimos uma marca simbolicamente expressiva do ponto de vista da população mundial.

A partir dessa data, o mundo passou a ser predominantemente urbano. Até 2030, o número de pessoas vivendo em áreas urbanas deverá atingir o total de 5 bilhões de habitantes, e a maior parte destes estará vivendo em cidades de países em desenvolvimento.

No caso brasileiro, tal qual grande parte da América Latina, este processo de transição urbana ocorreu com particularidades importantes, pois se deu posteriormente aos países desenvolvidos, mas muito antes dos demais países em desenvolvimento. De fato, os dados do Censo Demográfico 2010 confirmam a tendência da urbanização precoce brasileira, com 84,4% da população vivendo em áreas urbanas.

Embora o ritmo de crescimento populacional já esteja em fase de estabilização no país todo, com uma projeção de atingir o pico de 240 milhões de habitantes em 2040 e depois passando a apresentar tendência de redução (IBGE, 2008), os desafios sociais, econômicos, políticos e ambientais nas áreas urbanas brasileiras ainda merecem muita atenção por parte das políticas públicas.

As mudanças climáticas entram nesse contexto como um elemento adicional de preocupação, sobretudo nas grandes cidades brasileiras.

Considerando os modos de vida, valores e práticas sociais, serão nas cidades onde os efeitos dessas mudanças serão mais sentidos, principalmente pelo fato de que o acúmulo de problemas e os conflitos ambientais ainda estão por ser superados. Ao mesmo tempo, as cidades serão as arenas das principais discussões, mudanças sociais e superação dos desafios colocados pelos novos cenários climáticos (Hogan, 2009).

O estilo de vida urbano é um dos principais motores da mudança climática. A fragmentação da paisagem, o uso intensivo de energia, a pressão sobre os ecossistemas, a expansão urbana e do consumo são fatores que colocam as cidades no topo da lista de preocupações quando se pensa em políticas de mitigação para os efeitos das mudanças no clima. Assim, independentemente do ritmo de crescimento populacional no Brasil (ou mesmo mundial) apresentar tendências de estabilização no médio prazo, o processo de transição urbana

inevitável para o qual caminhamos, trará aumento inerente das emissões de gases de efeito estufa (Ewing et al, 2008; Hogan, 2009; Ojima, 2006; 2007; 2009).

É preciso ainda considerar que as condições urbanas precárias, a pobreza e a vulnerabilidade social encontradas nos países em desenvolvimento colocarão desafios significativos para minimizar as consequências negativas das mudanças climáticas sobre a população. Mudanças nos padrões de precipitação, eventos de extremos climáticos mais frequentes, ondas de calor ou agravamento nos períodos de estiagem prolongada hão de trazer danos sérios à população mais vulnerável (Kasperson; Kasperson; Turner, 1995).

As pequenas localidades irão sofrer com a ausência de infraestrutura e de capacidade de articulação, de sistemas de alerta e de estruturas institucionais capazes de dar resposta aos desastres naturais e impactos ambientais. Mas será particularmente nas grandes cidades onde registraremos o maior volume de atingidos. Será nas megacidades que teremos os desafios dos grandes números colocados contra nossa capacidade de enfrentar as diversas dificuldades. Reconhecer, identificar e mapear as vulnerabilidades e riscos da população nesses contextos nos permitirá entender os processos que nos conduzem à viabilidade ou não de políticas e ações de adaptação (Adger; Lorenzoni; O'Brien, 2009; Hardoy; Mitlin; Satterthwaite, 2001; Hogan; Marandola Jr, 20007; Hogan; Tomasquim, 2005; Hogan; Ojima, 2008; Ojima, 2009).

As dificuldades para esse empreendimento são grandes, pois a necessidade de indicadores e dados específicos para cada contexto nem sempre é atendida. Isso pode ser derivado da grande heterogeneidade espacial e populacional nas cidades e também pela dificuldade de se encontrar dados confiáveis e metodologias adequadas para a construção de indicadores de sustentabilidade para a formulação de políticas públicas efetivas e que realmente façam sentido na escala dos indivíduos e dos grupos sociais mais vulneráveis (Ojima; Marandola Jr, 2010).

Afinal, a capacidade de carga de uma região como um todo, nem sempre é equivalente à soma da capacidade de suas sub-áreas ou componentes (Hogan, 1996). Isso porque a vulnerabilidade é processual e circunstancial (Marandola Jr, 2009) e o contexto espacial, como redes sociais, valores, acessibilidade, sistemas de mobilidade urbana estarão intimamente imbricados com as condições locais e particulares de cada grupo

populacional dentro de uma megacidade de forma diferenciada e única (Ojima; Marandola Jr, 2010).

Assim, embora a impermeabilização intensa que ocorre dentro do contexto das grandes cidades possa conduzir ao maior risco de alagamentos e enchentes, a combinação de fatores que leva a um fenômeno com rebatimentos na vida das pessoas vai depender fortemente de fatores sociais e contextuais. Ou seja, a estruturação do espaço urbano, a forma do desenvolvimento e da expansão do tecido urbano merecem atenção no planejamento urbano de médio e longo prazo, para que haja um potencial de minimização das consequências de mudanças ambientais.

A agenda ambiental, que nos países em desenvolvimento ainda se constitui como desafio a ser vencido, pode ser pensada agora, já que se consideram perspectivas de agravamento frente aos cenários de mudanças climáticas de ordem global. Não se trata apenas de medir e identificar vulnerabilidades, mas de buscar políticas urbanas imbuídas de uma preocupação ambiental, pois independentemente do que ocorra, haverá um processo de ajuste (adaptação) social às novas condições ambientais. Caberá a nós ter a perspicácia de efetivar esse processo com justiça ambiental e evitando danos colaterais de medidas remediadoras emergenciais. O que de fato merece nossa atenção é compreender a complexidade dos processos intraurbanos, de modo a construir comunidades resilientes, capazes de se adaptar (Ojima; Marandola Jr, 2010; Adger; Lorenzoni; O'Brien, 2009).

Enfim, como veremos ao longo das páginas deste relatório, devido a inúmeros fatores, a capacidade adaptativa de algumas populações deverá ser muito limitada. A convergência dos processos de mudanças climáticas, tendências sociais e transições urbanas não apenas no Brasil, mas em outras regiões do mundo, se dá em uma conjuntura pouco favorável para a adaptação. A magnitude das demandas por adaptação e a condição particular de transição urbana precoce de uma megacidade como a Região Metropolitana de São Paulo poderão servir como importante elemento de planejamento futuro para outras regiões do mundo que ainda virão a passar por tais desafios.



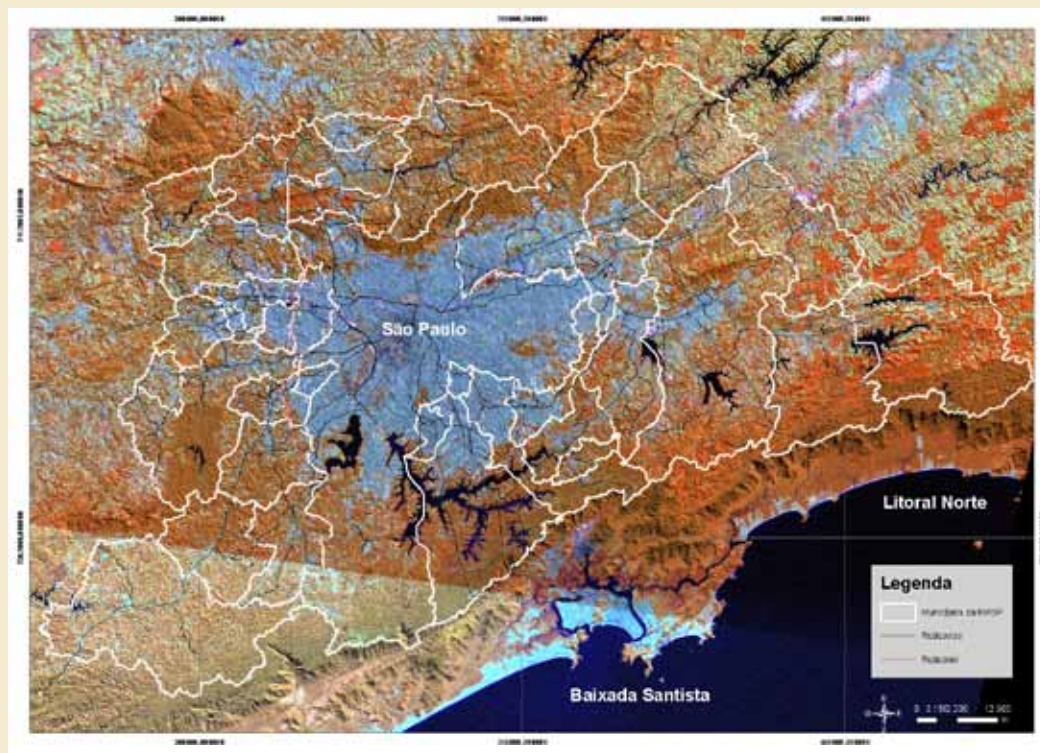


Parte 1

Onde e como a RMSP é vulnerável

capítulo 1

A Região Metropolitana de São Paulo



Fonte: Imagem Satélite
Landsat ETM + (órbita
ponto 219-076; de
17/07/2008: resolução
30mx 30m).

Figura 1: Localização da Região Metropolitana de São Paulo.

Criada oficialmente pela Lei Complementar nº 14, de 8 de junho de 1973, a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) é composta por um conjunto de 39 municípios, incluindo a capital do estado, o município de São Paulo. Grandiosa em todos os sentidos, a RMSP ocupa quase 8 mil km² e abriga, segundo os dados do Censo Demográfico 2010, cerca de 10% da população total brasileira, e 12% da população urbana brasileira. Cerca de 20 milhões de pessoas residem em uma área adensada e estrategicamente localizada próximo ao litoral, a uma altitude de cerca de 700 metros do nível do mar.

Essa grandiosidade não está apenas nos números. Segundo o IBGE (2008), a RMSP é a grande metrópole nacional, apresentando uma projeção que se estende a todo o território do país, confirmando a sua primazia urbana, principalmente pela sua produção material e intelectual

(Santos, 1994). Não à toa, a região tem sido objeto de diversos estudos, pois entender a urbanização brasileira sem passar pela experiência da RMSP é quase impossível. Ela é, por excelência, o local privilegiado de inúmeros e simultâneos desafios: atração e expulsão populacional; crescimento econômico e pobreza; movimentos sociais precursores; vulnerabilidades sociais, econômicas e ambientais (Bógus; Pasternak, 2009).

Portanto, uma análise das características físicas, espaciais, demográficas e ambientais da metrópole permitiria identificar, em um segundo momento de reflexão, os processos que conduzem à vulnerabilidade social da população. De certa maneira, por trás dessa aparência desordenada de crescimento metropolitano residem lógicas das mais diversas (Kowarick, 1993) e que conduziram à estruturação de um espaço intraurbano marcado por essas desigualdades e riscos sociais.

Para Bógus e Pasternak (2009), algumas fases do processo de expansão da RMSP podem ser identificadas. A primeira fase, de 1930 a 1950, aproximadamente, pode ser denominada de pré-metropolitana e propiciou condições estruturantes para a integração de áreas urbanas entre os municípios da região, particularmente ao longo dos eixos ferroviários (Santos-Jundiaí, Sorocabana e Central do Brasil), iniciando um processo que viria a consolidar algumas cidades-dormitório.

Em um segundo momento, até a década de 1960, novos equipamentos de infraestrutura consolidaram tais eixos ferroviários e ampliaram sua extensão, com a incorporação do sistema rodoviário com novos espaços de localização industrial. Fato que contribuiu fortemente para a atração mais intensa de grandes contingentes populacionais para a região. De 1960 a 1980, uma terceira fase da RMSP surge através da concentração de novas localizações industriais na Região do ABC, fortalecendo a vinculação entre São Paulo e a Baixada Santista, a partir da Rodovia Anchieta (Bogus; Pasternak, 2009).

Enfim, a última fase, que se estende até os dias de hoje, compreende um processo de reestruturação produtiva (Harvey, 2008) que, enquanto um processo mundial associado ao processo de

mundialização da economia e globalização, evidencia na RMSP uma característica de prestação de serviços e da financeirização dos investimentos, antes industriais. Assim, o ritmo do crescimento populacional, a forma da expansão urbana e os conflitos socioambientais se fundem em uma metrópole complexa, densa e multissetorial, em que os desafios colocados por mudanças climáticas globais agravarão carências e vulnerabilidades sociais seculares em um cenário de grandes transformações também no âmbito dos modos de produção e dos modos de vida e padrões de consumo.

Para Faria (1991), muitas vezes confundimos o próprio processo de urbanização com os processos de mudança social derivados da constituição de uma sociedade urbana, pois no caso da RMSP, esses processos são praticamente indissociáveis. Mas não basta preconizar o processo histórico para entender as vulnerabilidades sociais acumuladas no espaço. É preciso entender também como o espaço interfere na vida cotidiana.

Nesse sentido, há que se distinguir o crescimento urbano da RMSP, a partir da sua evolução populacional, da apropriação física dos espaços da metrópole. Afinal, no período mais recente, a metrópole antes compacta, densa, dicotômica (centro-periferia) e polarizadora passa a apresentar sinais marcantes de um novo padrão: disperso, fragmentado, heterogêneo e multifuncional (Martine, 2007; UNFPA, 2007; Ojima, 2007; Hogan; Ojima, 2008).

Dentro desse contexto, desde os anos 1980, o Estado de São Paulo passa por um processo de desconcentração da indústria a partir da metrópole paulistana, em direção aos municípios do interior, devido ao surgimento de novos pólos de desenvolvimento econômico nessas regiões (Baeninger, 2004; Cano, 1988; Pacheco, 1998). Além disso, a RMSP como um todo passa a apresentar um ritmo de crescimento populacional moderado, bem próximo à média nacional nos anos 1990 (1,6% a.a.). Mas internamente, a redistribuição da população dentro do espaço metropolitano se altera significativamente e marca o início do século XXI com uma nova dinâmica.

Segundo Torres (2004), as taxas de crescimento populacional das áreas mais afastadas do centro correspondem a praticamente todo o crescimento da RMSP na década de 1990. Assim, se não considerássemos essa parcela da metrópole, o crescimento populacional seria praticamente nulo. Entretanto, essa reorganização do espaço, que tem sido tendência em outras regiões metropolitanas do Brasil e do mundo, não é homogênea. A tradicional visão centro-periferia merece ser relativizada na medida em que um conjunto expressivo de áreas urbanas afastadas do centro e predominantemente pobres apresenta crescimento populacional elevado, ao mesmo tempo em que outras áreas, também pobres e afastadas, apresentam crescimento muito baixo (a periferia consolidada).

Tabela 1: EVOLUÇÃO TOTAL DA POPULAÇÃO

Região Metropolitana de São Paulo, 1970/2007

Ano	Município de São Paulo	RM de São Paulo	Estado de São Paulo	Taxas de crescimento (% a.a.)		
				Município de São Paulo	RM de São Paulo	Estado de São Paulo
1970	5.962.856	8.178.241	17.771.948	3,58	4,38	3,49
1980	8.475.380	12.549.856	25.040.712	1,15	1,86	2,12
1991	9.610.659	15.369.305	31.436.273	0,91	1,68	1,82
2000	10.426.384	17.852.637	36.974.378	0,55	1,33	1,5
2007	10.834.244	19.586.265	41.029.414			

Fonte: Fundação IBGE / Fundação SEADE. Censos Demográficos de 1970 a 2000. Projeção populacional de 2007.
Elaboração: Projeto Regiões Metropolitanas e Pólos Econômicos do Estado de São Paulo - Desigualdades para as Políticas Sociais, NEPP / NEPO / UNICAMP - FINER

Por outro lado, exceções importantes se destacam no tecido urbano metropolitano, com elevadas taxas de crescimento populacional em regiões afastadas, mas de renda elevada, encontradas em áreas de Santana de Parnaíba, Serra da Cantareira e no bairro do Morumbi, por exemplo. Assim, entre 2000 e 2007, diversos municípios ainda permaneceram crescendo mais do que a média da RMSP, apesar da diminuição de intensidade, se comparada ao período 1991-2000. Santana do Parnaíba e Vargem Grande ainda refletem esse crescimento da década anterior, sobretudo pela reconfiguração desses espaços enquanto novos pólos intraurbanos na RMSP.

Cabe dizer, portanto, que o padrão atual do processo de expansão urbana e populacional na RMSP apresenta características específicas e com grandes desafios a serem superados. A heterogeneidade sociodemográfica, associada ao novo padrão de ocupação, buscando baixas densidades habitacionais, tende a recortar e fragmentar mais ainda o tecido urbano. A ocupação de áreas de preservação e

Tabela 2: TAXA DE CRESCIMENTO POPULACIONAL (% a.a.)		
Nove Municípios da Região Metropolitana de São Paulo, 1991/2007		
MUNICÍPIO	Taxas de crescimento (% a.a.)	
	1991-2000	2000-2007
Arujá	5,26	4,34
Barueri	5,39	4,01
Caieiras	6,92	4,82
Embu	3,29	2,76
Francisco Morato	5,49	3,80
Itaquaquecetuba	5,86	4,39
Pirapora do Bom Jesus	5,07	4,36
Santana do Parnaíba	8,11	5,63
Vargem Grande	8,39	5,87

Fonte: Fundação IBGE / Fundação SEADE (1991, 2000, 2007)

dos mananciais nas áreas mais afastadas dos centros, tanto pela população de baixa renda (loteamentos irregulares), como pelos condomínios e loteamentos fechados, coloca em evidência aspectos que antes eram amenizados pela distância espacial das desigualdades sociais. Nos dias de hoje, os riscos sociais e ambientais parecem conviver mais de perto, tornando o debate e o enfrentamento cada vez mais presentes na esfera das demandas políticas.

capítulo 2

Aspectos da vulnerabilidade em São Paulo

Tal como em outras regiões do planeta, a metrópole de São Paulo deverá enfrentar uma série de desafios relacionados às mudanças climáticas globais. Nesse contexto, os eventos associados a projeções climáticas futuras para a Região Metropolitana de São Paulo foram pensados em termos de cenários de risco e vulnerabilidade considerando as ameaças, respectivos impactos e capacidade de resposta frente aos danos potenciais.

A vulnerabilidade é aquela que se origina na exposição de populações, lugares e instituições, portanto, refere-se à maior ou menor fragilidade dos assentamentos humanos a determinado fenômeno perigoso com dada severidade, devido à sua localização, área de influência ou resiliência intrinsecamente ligadas a diferentes condições ambientais, sociais, econômicas e políticas (CUTTER, 2003).

As emissões antrópicas de gases de efeito estufa, principalmente dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O) - resultantes da matriz energética fundada em hidrocarbonetos fósseis, a concentração da população em grandes aglomerações urbanas, a agricultura apoiada em fertilizantes nitrogenados, a indústria que opera em ciclo aberto e com grande intensidade energética e a predominância dos transportes individuais motorizados - são algumas das características responsáveis por um padrão de desenvolvimento global que, segundo os especialistas, dificilmente será alterado em tempo hábil, capaz de evitar seus efeitos danosos acumulados há séculos (EGLER, 2008).

Diante desse quadro, as evidências mostram um conjunto de tendências que se expressam no aquecimento progressivo da temperatura média da Terra, cujas previsões extremas apontam para uma elevação entre aproximadamente 2°C e 4°C até o final do século, acompanhada por uma

elevação do nível médio do mar de até 60 cm no mesmo período (IPCC, 2007).

No que concerne às mudanças de temperatura, os modelos apontam através da projeção de tendências que haverá um aumento do número de dias quentes, diminuição do número de dias frios, aumento do número de noites quentes e diminuição no número de noites frias (MARENGO, 2009), conforme veremos detalhadamente no capítulo 5.

Essas tendências, entretanto, não se manifestarão de forma linear, sendo marcadas por oscilações térmicas e pluviométricas e pelo aumento da ocorrência de eventos meteorológicos e climáticos extremos e cuja previsibilidade ainda é muito reduzida, considerando o conhecimento ainda embrionário da Ciência do Sistema Terrestre e do instrumental técnico-analítico desenvolvido até os dias atuais (EGLER, 2008).

Em relação à Região Metropolitana de São Paulo, a análise da possibilidade de ocorrência cada vez mais frequente e intensa de eventos meteorológicos extremos projeta cenários de riscos preocupantes (capítulos 4 e 5).

A RMSR, que já sofre todo verão com enchentes e inundações, pode sofrer um aumento do número de dias com fortes chuvas até o final do século. Estudos preliminares sugerem que entre 2070 e 2100, uma elevação média na temperatura da região de 2°C a 3°C poderá aumentar significativamente o número de dias com chuvas intensas. Totais de chuvas acima de 30mm/dia, porém, têm potencial para causar enchentes e inundações graves. Totais de chuvas acima de 50mm/dia, praticamente inexistentes antes da década de 50 do século passado, ocorrem comumente de duas a cinco vezes por ano na cidade de São Paulo (conforme veremos no capítulo 4).

A crescente urbanização atuando em sinergia com o aumento de temperatura apresenta potencial para a ocorrência de eventos com precipitação intensa cada vez mais frequentes, principalmente se considerada a tendência para as próximas décadas de um padrão de crescimento urbano

similar ao atual, no qual a qualidade de vida, o ambiente e o futuro sustentável dos recursos naturais encontram-se em segundo plano.

Como poderá ser observado no capítulo 8, a análise de modelos da expansão territorial estimada para a RMSP em 2030 mostra que os cenários de risco e respectivas vulnerabilidades para processos da dinâmica superficial deflagrados por eventos meteorológicos intensos, como enchentes, inundações e escorregamentos, deverão ficar mais críticos.

Tais estimativas futuras são baseadas na expectativa de que, seguindo os padrões históricos de ocupação da RMSP, uma fração significativa da população ocupará assentamentos de padrão construtivo precário em terrenos de várzea em grotões de drenagem e de encostas íngremes de morros nas periferias das cidades.

Além disso, estima-se também que uma parcela significativa da população se tornará cada vez mais exposta a riscos de doenças respiratórias e por contaminação através da água (capítulo 9).

Ocupação dos fundos de vale e sistema de drenagem urbana

A Região Metropolitana de São Paulo possui uma topografia acidentada, que se originou a partir de deposições sedimentares constituindo-se como um território formado por planícies e morros. As altitudes variam entre 720 e 1.100 metros, porém as cotas em relação às plataformas interfluviais principais - rios Tietê e Pinheiros e seus afluentes mais significativos - não ultrapassam 825 metros, sendo esta a superfície de erosão da região (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

Em 1954, Ab'saber já descrevia que apesar da aparente amenidade dos elementos topográficos, os detalhes do relevo que constituem a Bacia do Alto Tietê e seus afluentes (Figura 2) são bastante variados. Isso resulta em diferenças significativas entre as diversas bacias e sub-bacias da região metropolitana e que são consideradas nos estudos do DAEE.

Essa rede de drenagem, especialmente os rios Tietê e Tamanduateí, e a topografia original impulsionaram a ocupação territorial da colina de São Paulo e direcionaram sua expansão ao longo de seus vales. Posteriormente, utilizaram seus terraços secos para a implantação de ferrovias, aproveitaram sua topografia mais suave (DAEE, 2009).

Embora a ocupação urbana dependesse da existência ou presença de rios e córregos em suas proximidades, uma série de conflitos surgiu quando a ocupação começou a se difundir pelo território, necessitando de novas áreas de expansão. Os principais conflitos se referiam à rede de águas superficiais, à limitação de áreas passíveis para urbanização e às formas de ocupação (DAEE, 2009).

Se até meados do século XIX os rios e córregos podiam ser utilizados independentemente de quaisquer obras de infraestrutura, o crescimento da cidade de São Paulo a partir dessa época começou a demandar intervenções nos regimes hidrológicos para satisfazer uma série de necessidades humanas (DAEE, 2009).

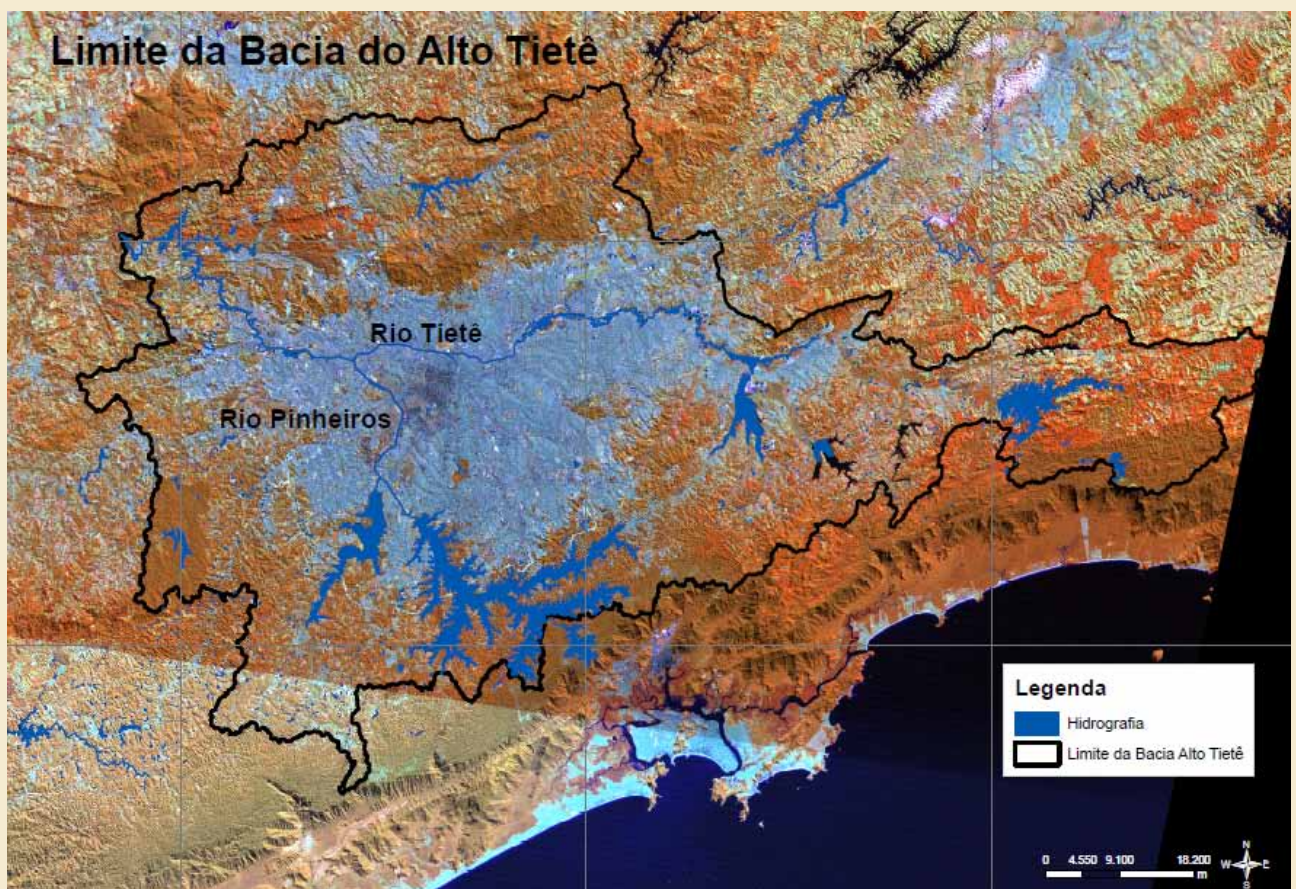


Figura 2: Bacia do Alto Tietê. **Fonte:** Imagem do Satélite Landsat ETM + (órbita ponto 219-076; de 17/07/2008: resolução 30mx 30m).

De uma forma geral, o abastecimento de água foi a primeira necessidade que deu origem a algumas intervenções. Posteriormente, vieram a geração de energia elétrica e a diluição e afastamento de esgotos. Isso provocou a destinação de certos corpos d'água para o abastecimento e outros para as outras finalidades consideradas menos nobres, como receptores de efluentes (DAEE, 2009).

Quando a questão da drenagem começou a ser considerada um problema de forma mais veemente, representou mais uma variável a ser incluída nas intervenções nos cursos d'água, em especial nos trechos mais próximos à área urbana (DAEE, 2009).

Seus parâmetros de controle frequentemente antagonizavam com aqueles necessários à reserva de água para a produção de energia e combinavam com o afastamento de esgotos, pois a defesa contra inundações dependia de que os reservatórios a montante da área urbanizada estivessem vazios, para diminuir as ondas de cheias quando necessário, o que impediria sua utilização para o fornecimento de energia elétrica. Além disso, a drenagem urbana precisava ser eficiente, expulsando rapidamente toda água da cidade e levando consigo os efluentes produzidos e que eram depositados in natura nos cursos d'água (DAEE, 2009).

Nas primeiras décadas do século XX, os rios principais – Tietê, Tamanduateí e Pinheiros – eram objetos de intervenção principalmente para três usos (ou demandas) múltiplos: diluição e afastamento de esgotos, geração de energia elétrica e drenagem. O abastecimento, então, estava restrito a rios menores, mais afastados da área urbanizada (DAEE, 2009).

Já em meados do século XX, com o crescimento exponencial da população, a disponibilidade de água para o abastecimento precisou ser obtida em outras localidades. A opção encontrada foi aproveitar as estruturas construídas para a geração de energia também para o abastecimento, usos conformes entre si (DAEE, 2009).

Paralelamente, começou a existir a necessidade de saneamento das várzeas dos rios para a utilização e a implantação de infraestruturas urbanas. A expansão da mancha urbana requeria um “tratamento” para as várzeas para que fossem ocupadas (DAEE, 2009).

Segundo DAEE (2009), usos múltiplos para os reservatórios, usos múltiplos para as

várzeas, ambos fazendo parte de um mesmo sistema: precisava-se produzir água limpa para abastecimento; manter a mesma água, limpa ou suja, para gerar energia nas hidrelétricas; sobrepor ou ocupar as várzeas nas áreas urbanizadas; e separar a população dos esgotos e das inundações.

A utilização múltipla dos cursos d'água demandou, e ainda demanda, a implantação de diversas infraestruturas compatíveis. Estabelecer e gerir tais usos múltiplos sempre foi complexo em quaisquer instâncias. Em se tratando de gestão de áreas urbanizadas, porém, os conflitos se exacerbam, uma vez que as necessidades de uso e controle se tornam cada vez maiores (DAEE, 2009).

Dentro desse quadro, a drenagem representa um papel importante, visto ser essa uma questão cujo impacto negativo se faz sentir de forma mais contundente, além de ser de difícil solução técnica (TUCCI et al., 2001; DAEE, 2009).

Em São Paulo, entender esse conflito sugere obrigatoriamente o entendimento dos processos de intervenção no sistema de drenagem e da utilização dos fundos de vale, onde rios e córregos foram canalizados e retificados para a implantação do sistema viário, principal forma de intervenção do poder público nessas áreas (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

Os rios Tietê e Pinheiros, originalmente meândricos e de baixa declividade, têm como afluentes rios e córregos com alta declividade, portanto de maior velocidade, como o Tamanduateí em seu curso superior. Quando os rios Pirajussara e Aricanduva foram retificados, perdendo comprimento significativo, o leito resultante não foi suficiente para conter as cheias. Se esse fato não causava problemas quando não havia ocupação das várzeas, passa a gerar graves consequências com sua crescente ocupação, como enchentes sucessivas (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999; DAEE, 2009).

A situação foi se agravando à medida que mais córregos foram canalizados. Assim, apesar de todas as intervenções realizadas, as enchentes aumentaram ao longo dos anos, em frequência e intensidade (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 1999).

Segundo Travassos (2001), a partir do Plano de Avenidas de Prestes Maia, em 1930, o aproveitamento dos fundos de vale para a

construção de sistema viário passou a figurar como uma solução rotineira, visando ampliar a infraestrutura viária. Assim, paulatinamente o sistema hídrico da cidade de São Paulo foi transformado em seu sistema viário (DAEE, 2009).

Como se observa, a evolução das ações urbanísticas e da legislação não foi suficiente para mudar essa prática, que continua sendo implantada na região, apresentando resultados pouco expressivos em termos de soluções para os problemas de drenagem.

Os piscinões localizados em áreas valorizadas são completamente fechados e recebem “tratamentos urbanos”, como aquele do Pacaembu. Já na periferia, representam verdadeiras feridas abertas, permanecendo ao ar livre sem nenhum “tratamento”, se configurando apenas como extensos reservatórios (DAEE, 2009).

O reconhecimento das limitações desse modelo de intervenção é muito recente. Somente nos últimos anos, os agentes responsáveis perceberam que era necessário repensar a forma de intervenção. Durante anos foram realizados cálculos para a readequação do mesmo tipo de modelagem, que no caso dos sistemas de drenagem eram simplesmente importados de outros países⁹ e reproduzidos para a nossa realidade. Exemplo disso, os rios Tietê e Aricanduva sofreram intervenções contínuas em seus leitos, com poucas alterações conceituais ao longo do tempo (DAEE, 2009).

A situação de precariedade original dos córregos servia para legitimar a intervenção, visto que se prometia eliminar os problemas em curto prazo. As justificativas eram válidas: eliminação dos vetores de doença, das inundações, redução do lixo acumulado nos córregos etc. As respostas do sistema de drenagem demonstravam, entretanto, que as intervenções tinham sido paliativas (ROSS, 2004).

Objetivamente, sem uma articulação de vários setores, tais justificativas não encontraram solução nas intervenções propostas até o momento (DAEE, 2009).

No caso das enchentes e inundações na Região Metropolitana de São Paulo, embora atinjam diretamente os grupos sociais mais vulneráveis economicamente, afetam a população como um todo.

De forma direta, qualquer cidadão pode ser surpreendido pelos efeitos de uma inundação nas marginais, alagamento no Vale do Anhangabaú ou arrastado por uma enxurrada ou enchente violenta ao longo de um curso d'água ocupado por favela. De forma indireta, sofrer em razão de grandes congestionamentos do trânsito (DAEE, 2009).

Assim, as enchentes e inundações afetam pessoas de diferentes níveis sociais, embora aqueles que detenham mais recursos talvez possuam formas mais adequadas ou opções mais variadas para se defender (DAEE, 2009).

Observando a distribuição dos pontos de inundação (Figura 3), nota-se que esses locais se situam na porção mais central da RMSP (pontos na cor laranja), predominantemente nas áreas mais consolidadas e mais urbanizadas, enquanto as áreas mais periféricas apresentam um número menor de pontos, geralmente associados a assentamentos precários ribeirinhos em cursos d'água sujeitos a enchentes.

Segundo Silva (2010), a região da Bacia do Aricanduva sofre com um elevado número de ocorrências de transbordamento do rio Aricanduva e de um de seus afluentes, o córrego Tiquatira. Os dados do DAEE, de 1973 a 1994, mostram que durante as estações mais chuvosas (setembro a maio) ocorriam em média 2,9 eventos de precipitação extrema por período. Já os dados do Centro de Gerenciamento de Emergências (CGE) para a série temporal de 2004 a 2010 mostram, em média, 5,5 eventos de precipitação extrema, explicitando uma tendência de aumento do número de ocorrências dessa natureza.

Quanto aos alagamentos nas ruas e avenidas da região, no mesmo período de 2004 a 2010, foram registrados mais de 100 pontos, principalmente ao longo da avenida Aricanduva. Neste caso, os alagamentos ocorreram em diversos locais onde a precipitação não ultrapassou 30 mm/dia, ou seja, a situação para esse tipo de problema torna-se ainda mais grave, se considerarmos que eventos de chuvas extremas (acima de 50 mm/dia) não são necessários para que os pontos de alagamento se multipliquem (SILVA, 2010).

Embora uma análise local possa apresentar novas variáveis e uma diferenciação interna entre as populações atingidas nesses locais,

⁹ No sistema de drenagem urbana de São Paulo, foram utilizados vários modelos norte-americanos com cálculos de vazão desenvolvidos principalmente para a cidade de Denver (Colorado), que possui uma situação geográfica e social completamente diferente.

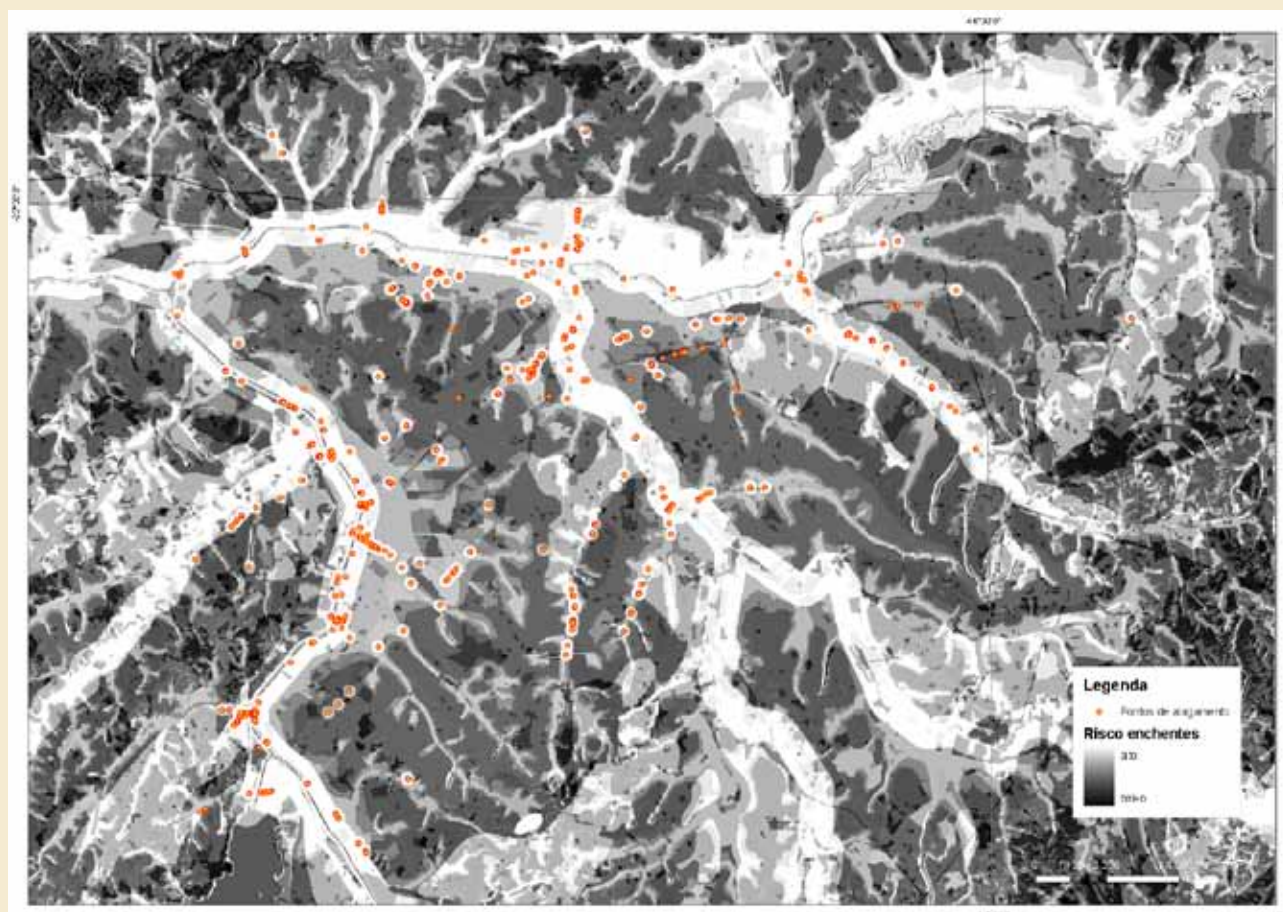


Figura 3: Pontos de alagamento localizados ao longo dos rios Tietê, Pinheiros, Tamanduateí e Aricanduva.

Fonte: Baseado em dados fornecidos pelo CGE – Centro de Gerenciamento de Emergências (2010)

como foi explorado por Torres (1997) acerca das populações atingidas por inundações na Zona Leste de São Paulo, parece não existir dúvidas sobre a relação entre os pontos de inundação e as áreas mais urbanizadas.

Por conta do crescimento urbano acelerado e da ocupação imprópria dos terrenos nas margens dos rios e encostas de morros, a Região Metropolitana de São Paulo apresenta elevado número de áreas de risco de inundação e um considerável número de escorregamentos.

Nesse contexto metropolitano, segundo o DAEE (2009) a distribuição das áreas de risco apresenta algumas características importantes a serem destacadas:

a) No interior da mancha urbana central, de ocupação mais antiga e consolidada, presente nos terrenos do compartimento geomorfológico denominado de Colinas de São Paulo - área que,

de modo geral, corresponde à Bacia Sedimentar de São Paulo -, predominam quase exclusivamente áreas de risco de inundação. Essas áreas referem-se principalmente às ocupações ao longo das extensas várzeas do rio Tietê e terrenos marginais dos seus afluentes principais: rio Pinheiros, rio Tamanduateí, rio Aricanduva, rio Anhangabaú, rio Cabuçu de Cima etc. As situações de risco de inundação nessas regiões estão associadas ao transbordamento e consequente inundação dos terrenos marginais ocupados, e alagamento em trechos importantes do sistema viário central da cidade. Os alagamentos, em diversos pontos ao longo das avenidas marginais do rio Tietê, representam uma das situações mais prejudiciais, por provocar a paralisação da principal artéria de ligação leste-oeste do município. Episódios de congestionamento ao longo da marginal do rio Tietê, provocados pela enchente do rio, têm ocorrido praticamente a cada período chuvoso,

causando prejuízos e transtornos diversos. O quadro de risco de enchentes, reinante na região central do município tem como uma das causas principais a obsolescência do sistema de drenagem urbana face ao crescimento da cidade. Intervenções importantes de caráter estrutural têm sido realizadas no rio Tietê e seus afluentes principais, norteadas pelo Plano de Macro drenagem da Bacia do Alto Tietê;

b) As áreas de risco de enchentes propriamente ditas, associadas à ocupação por assentamentos habitacionais precários de margens de córregos em anfiteatros de drenagem restritas, e as áreas de risco de escorregamentos por ocupação desordenada das encostas concentram-se, principalmente, nas regiões representadas pelas manchas de expansão urbana recente. Nas áreas de risco de enchentes envolvendo assentamentos precários, há o risco de destruição de moradias pela ação direta das águas ou pela erosão e solapamento dos taludes marginais. Em anfiteatros de drenagem com alta energia de escoamento das águas superficiais, além dos danos materiais, há também o perigo de pessoas serem levadas por enxurradas durante eventos de chuvas intensas;

c) As áreas de risco de escorregamentos localizam-se em terrenos situados na extremidade da Bacia Sedimentar de São Paulo e em terrenos de rochas cristalinas da Morraria do Embu, que circundam a Bacia Sedimentar de São Paulo, a oeste, ao sul e a leste; e, ao norte, no compartimento geomorfológico da Serrania de São Roque, de relevo mais montanhoso e cuja dinâmica de processos superficiais apresenta elevada energia. Concentrações significativas de áreas de risco de enchentes e escorregamentos ocorrem principalmente na Zona Sul do município de São Paulo, nas subprefeituras de Jabaquara, Cidade Ademar, Pedreira, Cidade Dutra, Jardim Ângela, Capão Redondo e Campo Limpo. Nas outras regiões, as áreas de risco apresentam-se mais espaçadas: na Zona Oeste, nas subprefeituras do Butantã e de Jaguaré; na Zona Norte, nas subprefeituras de Perus, Pirituba, Jaraguá, Brasilândia, Freguesia do Ó e Tremembé; e, na Zona Leste, nos bairros de Sapopemba, São Mateus, Aricanduva, Vila Formosa, Vila Prudente e Itaquera. As áreas de risco de escorregamento envolvendo assentamentos precários foram objeto de mapeamento de risco detalhado em 2003 (realizado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT), o que possibilitou identificar

o total de moradias em situação de alto e muito alto risco. Esse levantamento auxiliou a elaboração de um plano de ação municipal a ser implementado nas áreas mapeadas, visando a redução de riscos de acidentes.

O município de São Paulo apresenta muito alta probabilidade de ocorrência de acidentes relacionados a enchentes e escorregamentos em razão do elevado número de áreas de risco, alta concentração populacional nessas áreas e vulnerabilidade das ocupações existentes, em virtude da precariedade das moradias.

Basicamente, o agravamento dos problemas de drenagem sempre esteve atrelado à ocupação dos fundos de vale e à má qualidade ambiental dos espaços urbanos, agonizados pela eliminação de áreas verdes, impermeabilização do solo, favelização de terrenos de baixada descartados pela especulação imobiliária, ocupação de áreas de proteção permanente (APPs) ao longo de cursos d'água etc (ROSS, 2004; DAEE, 2009).

A forma de organização do território e a implantação de infraestrutura geraram (como efeito colateral) a diminuição da capacidade de obtenção de água e uma diminuição gradual de sua qualidade.

Embora as classes mais abastadas possam conseguir um adiamento do risco, comprando água potável e pressionando politicamente para que sejam as últimas a sofrer sanções, as consequências acabam afetando a todos.

capítulo 3

O clima da Região Metropolitana de São Paulo

Ao longo de seus 4,6 bilhões de anos a Terra passou por diferentes ciclos naturais que alternavam aquecimento e resfriamento, levando alguns a pensar que poderíamos estar passando somente por um desses ciclos de temperaturas mais altas. As mudanças observadas nos últimos 150 anos, entretanto, sugerem que esse padrão vem sendo perturbado por fatores externos – as atividades humanas. Em seu quarto relatório de avaliação, o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2007) afirma que a elevação da temperatura observada no último meio século não pode ser considerada normal, quando comparada com a variação climática dos últimos 1.300 anos (conhecida por meio de informações paleoclimáticas¹⁰).

Segundo o painel de cientistas do IPCC, o aquecimento é inequívoco e agora está evidente como resultado das observações de aumento das temperaturas médias atmosféricas e oceânicas, derretimento de neve e gelo generalizado e aumento do nível médio do mar.

Também é inequívoco que as atividades humanas contribuíram significativamente para essa modificação do clima - o chamado efeito estufa antropogênico. A elevação de 0,76° C na temperatura média do planeta desde o período pré-industrial já está causando impactos no clima da Terra, como o derretimento do gelo no Ártico e na Antártida e o aumento da ocorrência de eventos extremos (tempestades, chuvas intensas, ondas de calor, períodos mais intensos de seca, entre outros).

O IPCC, criado conjuntamente pela Organização Mundial Meteorológica (OMM) e pelo Programa Ambiental das Nações Unidas (UNEP), reuniu um conjunto de análises integradas sobre as mudanças climáticas¹¹ envolvendo diferentes tópicos: mudanças observadas no clima e seus efeitos; causas das mudanças; mudanças climáticas e seus impactos a curto, médio e longo prazo sob a perspectiva de diferentes cenários; medidas de adaptação

10. A Paleoclimatologia (do grego palaiós, antigo) é a ciência natural que estuda os climas do passado da Terra e o seu desenvolvimento ao longo do tempo geológico. O clima e as temperaturas mudaram drasticamente, e o período é hoje estudado por paleoclimatologistas na tentativa de compreender os climas da Terra no passado.

11. Segundo o IPCC (2007), o termo mudanças climáticas se refere às mudanças no estado do clima que podem ser identificadas estatisticamente através de testes de variabilidade sobre as alterações e propriedades em um determinado período, tipicamente décadas ou

e as interconexões com o desenvolvimento socioeconômico nos âmbitos regional e global.

Desde que se estabeleceu, o IPCC tem produzido uma série de avaliações (1990, 1995, 2001 e 2007), artigos técnicos e relatórios metodológicos, que têm se difundido pelo mundo como um padrão de referência, amplamente utilizado por tomadores de decisão, cientistas e especialistas.

O IPCC AR4 (2007) forneceu uma síntese das questões que envolvem principalmente os processos de tomada de decisão, ou seja, a confirmação de que as mudanças climáticas já estão ocorrendo, mais especificamente como resultado das atividades humanas¹², ilustrando os impactos do aquecimento global atual e o que se espera em termos futuros, descrevendo as potencialidades de adaptação da sociedade para redução da vulnerabilidade.

Também em 2007, foi publicado o Relatório de Clima do INPE (www.cptec.inpe.br/mudancas_climaticas), apresentando uma síntese das variações do clima e de extremos climáticos de longo prazo observados no Brasil, e as projeções de cenários futuros do clima para a segunda metade do século XXI.

O Relatório de Clima (Marengo et al 2007, Marengo et al 2009 a, b) mostra que, para o Brasil, a temperatura média aumentou aproximadamente 0,75° C até o final do século XX (considerando a média anual de 1961-90 de 24,9° C), sendo 1998 o ano mais quente no Brasil (aumento de até 0,95° C em relação à normal climatológica de 24,9° C). A temperatura de inverno tem aumentado em 10° C durante os últimos 50 anos.

Ondas de calor e frio, intensa precipitação, enchentes, secas, entre outros extremos climáticos, têm sido motivo de grande interesse dos pesquisadores pelo enorme impacto causado na população, ocasionando altos custos monetários e, em muitos casos, perdas de vidas humanas. Numa escala mais próxima do dia a dia da sociedade, anomalias do comportamento

climático têm perturbado seriamente as atividades humanas. Assim, a ocorrência de ondas de frio, extremos de pluviosidade, secas prolongadas, névoas úmidas, geadas, granizos, inversões térmicas, furacões, mostram que a sociedade moderna não está a salvo dos efeitos destas variações do tempo atmosférico, apesar dos avanços tecnológicos conquistados (CONTI & FURLAN, 1996).

As tragédias que aconteceram nas últimas décadas no Brasil produziram imagens que até hoje impressionam. Em São Paulo, houve recorde de alagamentos em 2009, com 1.422 ocorrências em 111 dias, sendo 124 em 8 de dezembro, segundo registros do Centro de Gerenciamento de Emergências, levantados pelo jornal O Estado de S. Paulo. Os problemas ocorreram não apenas em São Paulo, mas também em outros estados. Em Santa Catarina, em novembro de 2008, 135 pessoas morreram após uma enxurrada que devastou o Vale do Itajaí. Outras 80 mil pessoas ficaram desabrigadas. Em Petrópolis, no Rio de Janeiro, temporais e desabamentos mataram 134 moradores em fevereiro de 1988.

Novamente em Santa Catarina, 49 pessoas morreram em junho de 1983, vítimas de enchentes generalizadas. Na Serra das Araras, no Rio de Janeiro, um deslizamento de terra cobriu quase totalmente a Rodovia Presidente Dutra por 5 km, em agosto de 1967. Em Angra dos Reis (RJ), desmoronamentos em 1° de janeiro de 2010 provocaram pelo menos 52 mortes. Em janeiro de 2011, a região serrana do Estado do Rio de Janeiro foi afetada por chuvas intensas (em apenas 12 horas, cerca de 222 mm de precipitação) que chegaram a devastar bairros inteiros de cidades como Nova Friburgo, Teresópolis, Petrópolis, Sumidouro, São José do Vale do Rio Preto e Bom Jardim, registrando-se mais de 900 mortes, mais de 9.000 desabrigados e 11.000 desalojados.

Os impactos de episódios excepcionais, em especial os de natureza atmosférica, são particularmente contundentes no ambiente urbano, pois podem extrapolar a capacidade de absorção de suas consequências pela sociedade. O risco de ser vitimado por um desastre é diferenciado, sendo que o estrato social guarda relação direta com o tipo e magnitude do impacto, visto que o grau de risco e o tipo de perigo ao qual uma pessoa é sujeita são fortemente condicionados aos seus padrões de renda.

períodos mais longos. Isto se refere a qualquer mudança do clima devido à variabilidade natural ou resultado das atividades humanas. Esta definição difere um pouco daquela da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança Climática (UNFCCC) em que as mudanças estão associadas direta e indiretamente às atividades humanas que alteram a composição da atmosfera global observada ao longo do tempo (AR4-IPCC, 2007).

12. As emissões de gases de efeito estufa e aerossóis (devido às atividades humanas) têm aumentado desde o período pré-industrial com um crescimento de 70% entre 1970 e 2004 (AR4-IPCC, 2007).

Por exemplo, Castellano e Nunes (2009) avaliaram a relação entre calamidades e registros extremos da precipitação em Campinas, SP, entre 1976 e 2005, e observaram um incremento no número de eventos (213 ocorrências) na primeira década, 1.080 na segunda e 2.320 na terceira, mesmo não tendo ocorrido concomitante acréscimo na quantidade de eventos extremos, revelando aumento na desestruturação da cidade.

Os eventos extremos mais alarmantes para a sociedade dizem respeito àqueles relacionados à precipitação intensa. Estes ocorrem principalmente nas regiões metropolitanas brasileiras, como a RMSP, que sofrem constantemente os efeitos dos extremos de precipitação que causam enchentes, deslizamentos de terra e perdas de vida (Box 1). Marengo et al (2009 a, b) mostraram que desde 1950 até 2003 a frequência e a intensidade de chuvas intensas têm aumentado nas regiões Sudeste e Sul do Brasil, incluindo a RMSP.

Aspectos ambientais na RMSP: clima e extremos

O Estado de São Paulo está localizado entre 44° e 53° S longitude e 19° e 25° W, latitude. Possui clima tropical, com verão quente e úmido e inverno frio e seco. A Região Metropolitana de São Paulo está entre os cinco maiores aglomerados urbanos do mundo, incluindo Tóquio, Seul, Cidade do México e Nova Iorque (da SILVA et al 2010). A Região Metropolitana, que mais de um século atrás era um modesto núcleo, isolado no planalto, com menos de 20.800 habitantes em 1872, tornou-se hoje um aglomerado com quase 20 milhões de habitantes.

De modo geral, durante os meses de verão, em todo o Estado de São Paulo, os totais de chuva mensal oscilam entre 180 mm e 340 mm, com os maiores valores sendo registrados no Litoral Norte e na Serra da Mantiqueira, enquanto que climatologicamente o sul do Estado é a região em que o acumulado de chuva é menor durante o verão.

Entre os eventos climáticos extremos mais significativos ocorridos no verão de 2010 temos os episódios de chuva intensa que afetaram áreas urbanas de SP e RJ. Em SP, segundo o jornal Folha de São Paulo de 16/02/2010, no verão de 2010 mais de 140 pessoas morreram em consequência das chuvas extremas e enchentes em áreas rurais e urbanas do Estado, incluindo a RMSP e o Vale do Paraíba. Entre novembro de 2009 e 7 de janeiro de 2010, 50.456 pessoas foram desalojadas em função das chuvas, segundo a Secretaria Nacional da Defesa Civil (www.defesacivil.gov.br/). Em São Paulo, houve recorde de alagamentos em 2009, com 1.422 ocorrências em 111 dias, sendo 124 em 8 de dezembro, segundo registros do Centro de Gerenciamento de Emergências, levantados pelo jornal O Estado de S. Paulo. No mês de janeiro de 2010, o volume de água que se abateu sobre São Paulo foi de 480,5 milímetros. Isso representa o dobro da média histórica de janeiro e o maior volume registrado desde 1947 para este mês.

Segundo reportagem da Revista Veja de 07/02/2010, em 1947, quando ocorreu o recorde pluviométrico no mês de janeiro em São Paulo, a cidade tinha 2,2 milhões de habitantes e a chuva provocou problemas similares aos atuais, embora em escala menor. O principal fator pelo qual os relatos de tragédias em 1947 são menores do que os registrados hoje é a forma de ocupação da cidade. Com ruas de terra, várzeas e lagoas pluviais às margens do Tietê, a água da chuva era mais facilmente escoada e drenada. Poucas horas depois da chuva, portanto, a cidade voltava ao normal. As situações mais dramáticas ocorridas em 1947 tiveram início no dia 21 de janeiro. Foram cinco dias de chuva ininterrupta. Na primeira noite, o desmoronamento de um barranco na rua Pio XII, na Bela Vista, soterrou uma família que dormia em uma casa na rua Maestro Cardim - a alguns quarteirões da Avenida Paulista.

Box 1: Extremos de chuva na RMSP: Verões de 2010 e de 1947

Fontes: Revista Veja de 07/02/2010, jornais Folha de São Paulo de 16/02/2010, O Estado de São Paulo de 21/01/2010.

A distribuição espacial da precipitação climatológica (Figura 4) foi determinada mediante a interpolação de pontos da grade na resolução de 0,10 graus ($\sim 1,1$ km) de latitude X longitude, a partir da climatologia, anual e sazonal de 93 estações pluviométricas distribuídas ao longo da RMSP e nas suas adjacências. O período utilizado para o cálculo da climatologia foi de 1973-1997 (25 anos). Este período foi utilizado por ser o que apresenta a melhor distribuição espacial de densidade de estações com dados contínuos. Isto é, maior quantidade e boa distribuição espacial de estações com dados homogêneos.

A distribuição da precipitação média total anual sobre a RMSP apresenta dois centros de

relativamente mais alta precipitação e dois de mais baixa precipitação. Esta característica gera um gradiente muito intenso na direção SE/NW, entre a região central da RMSP e seus flancos oeste e leste, com precipitações muito intensas registradas na parte leste de São Bernardo até a região do Biritiba Mirim. Nos municípios localizados ao longo de Guararema e Sudeste de Salesópolis e Cotia, registram-se as menores precipitações, com pequenos núcleos de valores mínimos sobre a parte central da RMSP.

As características observadas na distribuição espacial da climatologia dos totais anuais persistem, com ligeiras variações, ao longo de todas as estações. Durante os verões, os

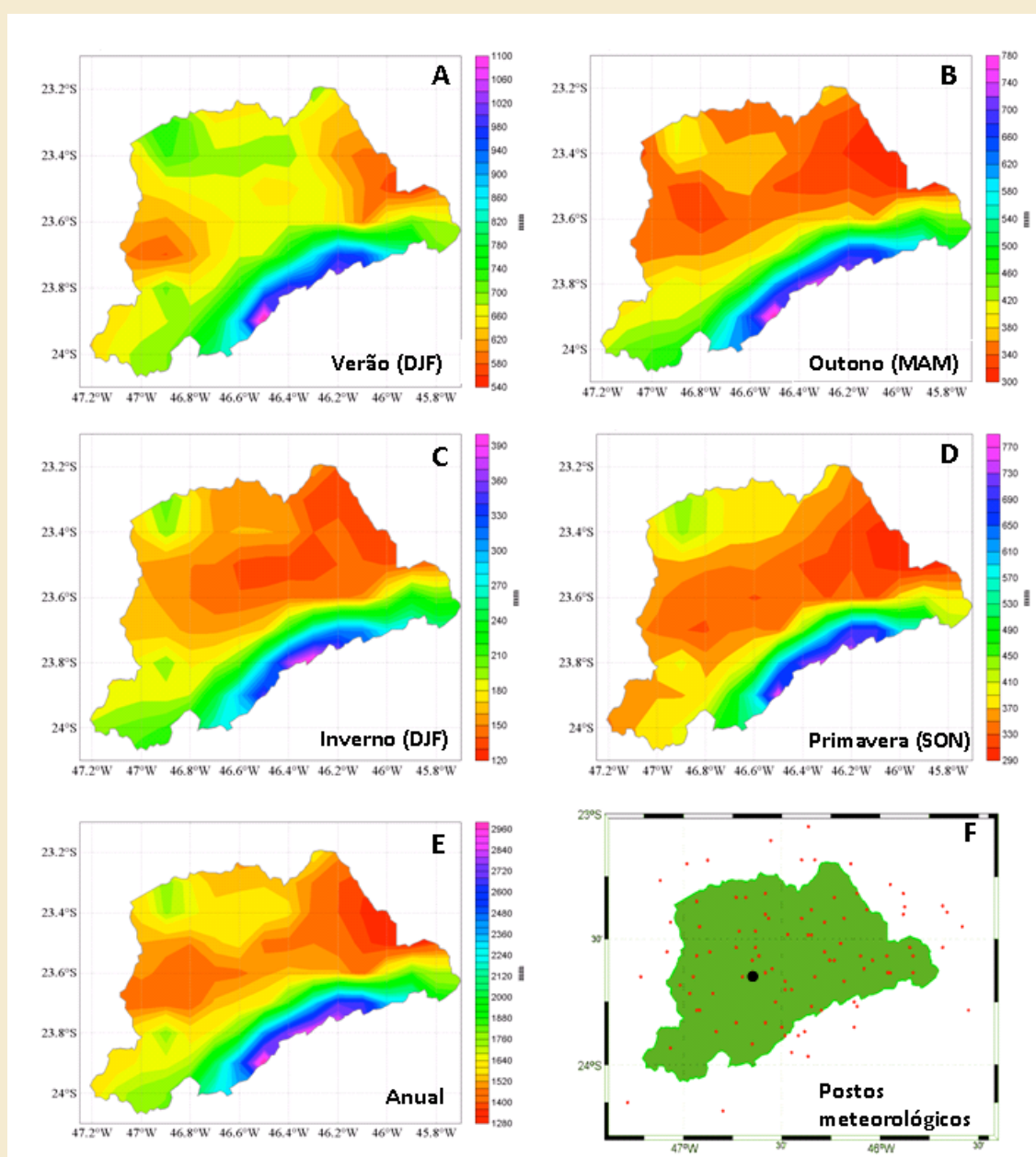


Figura 4. Climatologia sazonal de chuvas na RMSP: (a) verão, (b) outono, (c) inverno, (d) primavera e (e) anual. Valores são em mm. Período de tempo é 1973 a 1997; (f) localização dos postos pluviométricos utilizados com pontos vermelhos. O círculo azul indica a localização da estação meteorológica do IAG-USP (Fonte de dados: DAEE, ANA e IAG-USP)

núcleos de máximas e mínimas precipitações intensificam-se e a distribuição espacial dos totais dos verões (DJF) reflete a complexidade da interação entre os fatores dinâmicos, que geram as precipitações, e as características locais (orografia).

Outras características relevantes são observadas nas distribuições pluviométricas de inverno (JJA) e da primavera (SON). Durante os invernos, observa-se uma faixa, com direção SW/NE, que se estende sobre toda a parte central da RMSP, onde são registradas as menores precipitações do ano. Já nos meses de primavera observa-se um núcleo de precipitações mínimas que se localiza sobre o NE da RMSP e se estende até o norte da Grande São Paulo.

A Figura 5 mostra os gráficos 3D da evolução temporal da temperatura média do ar e da umidade relativa na Estação de Água Funda da USP-IAG, situada no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (antigo Parque do Estado), bairro da Água Funda, capital, SP, para o período de 1936 a 2005 (MARQUES et al 2006). Notam-se

mudanças significativas no ciclo anual das variáveis ao longo das últimas sete décadas com aumento da temperatura do ar de 2,1° C e diminuição da umidade relativa do ar em 7%. Uma análise observacional desenvolvida previamente por Conti (1979), para São Paulo, demonstrou a elevação da temperatura média do ar em 1,4° C entre 1947 e 1976.

A Figura 5 indica claramente que houve alteração climática na RMSP com aumento da temperatura e precipitação e diminuição da umidade relativa. Os autores sugerem que essas mudanças podem ser em parte devido a fatores locais como o aumento da área urbana horizontal e vertical.

O primeiro tem efeito direto sobre o balanço energético superficial e o segundo, sobre a rugosidade superficial e dinâmica da camada limite. Houve também aumento da poluição do ar e do material particulado que podem contribuir para mudanças na microfísica, eletricidade e termodinâmica de nuvens frias (MARQUES et al 2006). Embora a estação de Água Funda esteja num ambiente preservado com vegetação

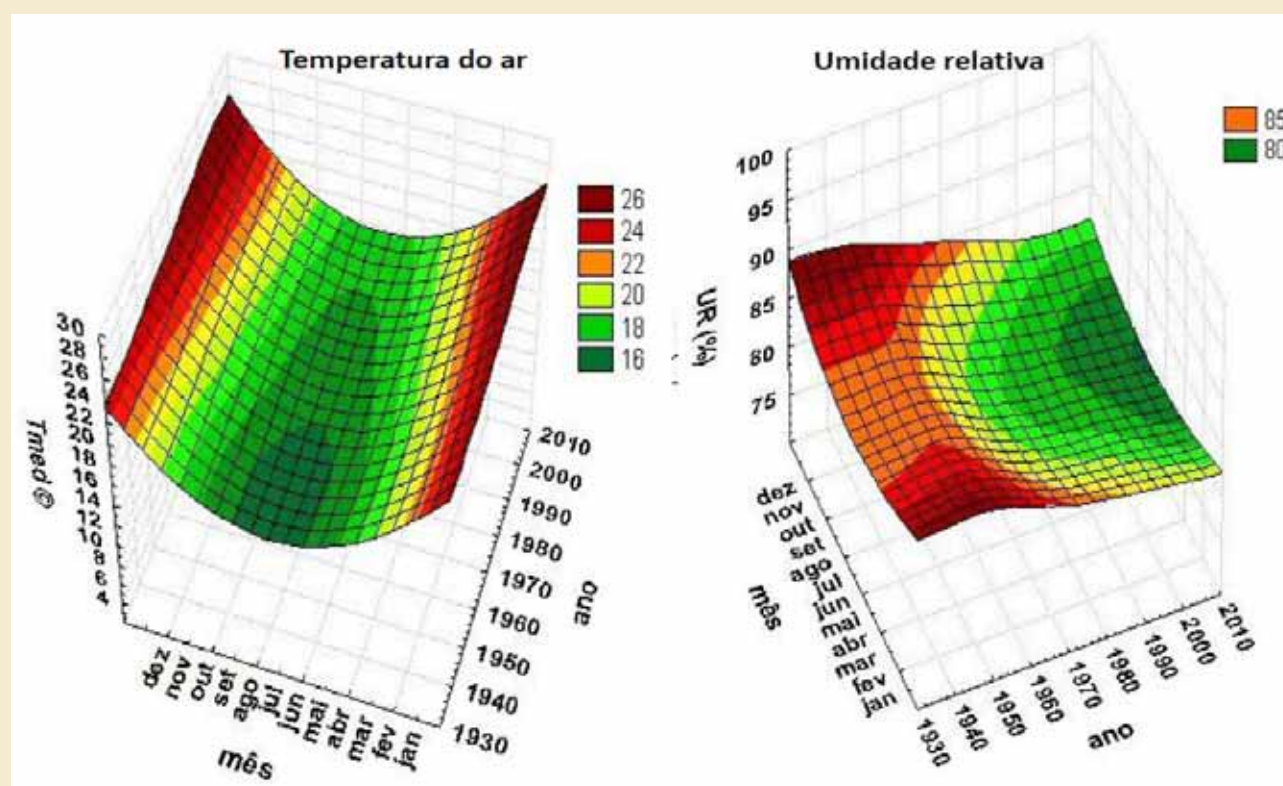


Figura 5. Evolução mensal e anual da média diária da temperatura do ar (°C) e da umidade relativa do ar (%). Escala de cores indica respectivos valores das médias das variáveis. As medidas foram realizadas na Estação Meteorológica de Água Funda do IAG-USP [23°39'S, 46°37'W] de 1936 a 2005 (Marques et al 2006).

natural, as condições no entorno resultaram em mudanças locais muito significativas.

Uma análise pontual na Estação de Água Funda mostra a evolução temporal das anomalias de temperatura, umidade relativa (Figura 6a) e do total de chuva (Figura 6b). Nota-se que, no período de 1961 a 1991, o aumento da temperatura na RMSP foi $0,7^{\circ}\text{C}$ maior do que a média do Brasil reportada por MARENGO et al (2007). Isto sugere que, somado ao aquecimento global devido ao aumento na concentração de GEE, houve um aumento local da temperatura (mais significativo) associado à urbanização.

A precipitação no período de 1933-2009 sugere que, de fato, o total de chuva tem aumentado, com uma forte variabilidade interanual, associada à ocorrência dos extremos de El Niño/La Niña e às condições do Oceano Atlântico próximo. A Figura 6 mostra que o total anual de chuva aumentou linearmente até 2009, mas se a análise for feita em nível de décadas, nota-se que a chuva aumentou de 1933 até 1983 e depois tendeu a diminuir.

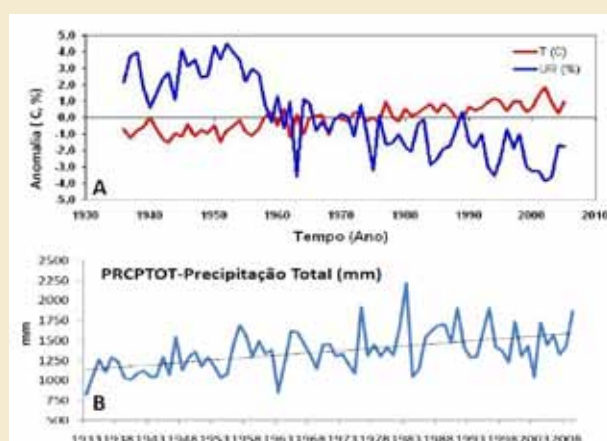


Figura 6 (a): Evolução temporal das anomalias de temperatura do ar e umidade relativa, definidas a partir das médias anuais do período de 1936 a 2005 (Marques et al 2006), e 6 (b) total de chuva no período 1933-2010, na estação de Água Funda do IAG-USP.

Segundo as Figuras 5 e 6, as mudanças observadas por Marques et al (2006) na estação de Água Funda podem ser resumidas da seguinte maneira: aumento de temperatura - $+2,1^{\circ}\text{C}$, aumento da chuva anual - 395 mm e diminuição da umidade relativa - 7%, no período de 1936-2005.

Além das mudanças nos padrões médios do clima, mudanças nos extremos também têm sido detectadas. Os eventos climáticos e meteorológicos extremos são um aspecto integral da variabilidade climática, porém as características principais destes eventos, isto é, sua frequência e intensidade, podem variar de acordo com as mudanças climáticas. Ou seja, as possíveis causas destas mudanças observadas nos extremos de chuva e de temperatura podem estar associadas às mudanças do uso da terra e ao processo de urbanização e desenvolvimento da cidade de São Paulo.

De fato, baseados em medidas de chuva e na taxa de impermeabilização dos bairros de São Paulo, feitas conjuntamente entre a USP e a CGE (Centro de Gerenciamento de Emergências), têm-se observado que a alta impermeabilização, refletindo áreas com muito concreto e pouco verde, ajuda a formar as tempestades típicas de verão, de curta duração e alta intensidade, que afetam particularmente a Zona Leste da RMSP (MARQUES et al 2006).

Um desastre natural, normalmente, é decorrente da conjunção de atividades humanas como o desmatamento de encostas próximas a áreas urbanas ou construções em áreas de risco, com um deflagrador meteorológico ou climático, como são os eventos extremos de chuva. A impermeabilização do solo é uma das causas dos alagamentos constantes nas regiões mais chuvosas da cidade de São Paulo, especialmente no Jardim Pantanal, Itaim Paulista e na Consolação (conforme Figura 3 do capítulo 2 referentes aos pontos de alagamento na RMSP).

As chuvas em São Paulo estão associadas a três fatores principais: frentes frias, linhas de instabilidade e convecção local (tempestades de verão) (XAVIER et al 1994). Outros fatores que favorecem os extremos de chuva são as possíveis variações em escalas sazonais, intrasazonais e interanuais dos padrões de circulação atmosférica produtores de chuva, como são a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), as frentes frias de verão, o transporte de umidade da Amazônia pelo Jato de Baixos Níveis ao leste dos Andes, que ainda que afete, maiormente, chuvas do sul do Brasil, pode em alguns momentos afetar a RMSP, e as brisas que vêm do Atlântico Sul.

As chuvas associadas às frentes frias

normalmente são de longa duração e abrangem grandes áreas. No caso dos episódios de ZCAS por vários dias sobre o Oceano Atlântico, ocorrem os eventos extremos que podem gerar elevados acumulados pluviométricos, com riscos de inundações e deslizamentos. Já as chuvas associadas às linhas de instabilidades e processos convectivos (aquecimento local), normalmente são de curta duração e têm como consequência a formação de alagamentos em vias públicas e transbordamentos de córregos e rios.

Poluição atmosférica

A RMSP é a maior área urbana da América Latina, como mencionado anteriormente, possui uma população de aproximadamente 20 milhões de habitantes e uma frota de cerca de 7,8 milhões de veículos, responsáveis por mais de 90% da emissão de monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC) e óxidos de nitrogênio (NOx) (CETESB 2005).

A Cetesb também mostra que o ozônio e as matérias particuladas representam uma das maiores ameaças para a qualidade do ar na RMSP. Os padrões horários de qualidade do ar para ozônio (82 ppbv) e o nível de alerta (102 ppbv) são frequentemente ultrapassados (MARTINS e ANDRADE, 2008). Nos últimos 10 anos, as concentrações de ozônio têm permanecido mais ou menos constantes, com exceção de 2004, quando a concentração de ozônio caiu devido às condições meteorológicas.

As maiores concentrações de ozônio (O_3) são observadas entre agosto e outubro, apresentando um pico entre as 13:00 e 16:00 hora local. Na RMSP, as concentrações de ozônio são aproximadamente 24% menores nos finais de semana em comparação aos dias de semana (SANCHES-CCOYLLO e ANDRADE 2009). Concentrações diárias de material particulado inalável com diâmetro aerodinâmico de menos de $10\text{ }\mu\text{m}$ (PM₁₀) excedem continuamente os limites estabelecidos de $50\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ em várias estações de monitoramento na RMSP (ALONSO et al. 1997). A condição típica de tráfego na RMSP mostra altas emissões entre 7:00 e 9:00 e de 17:00 a 21:00 (CETESB 2005).

Na Região Metropolitana de São Paulo são realizadas mais de 30,5 milhões de viagens por

dia, constituídas por 12 milhões de viagens por transportes coletivos, 8,1 milhões por transportes individuais e o restante a pé. Nas ruas, praças e avenidas da capital circulam em torno de 3 milhões de veículos por dia. As indústrias e veículos são responsáveis pelo lançamento diário de 6.575 toneladas de poluentes atmosféricos. Isso equivale a 2.400.000 ton/ano. Atualmente, os veículos automotores são responsáveis por 40% das emissões de particulados e 31% das emissões de dióxido de enxofre (SO_2), enquanto as indústrias são responsáveis por 10% de material particulado e 67% das emissões de SO_2 (MARTINS & ANDRADE, 2008).

As atividades urbanas constituem fonte de calor. As partes mais densamente ocupadas têm mais concreto, menos áreas verdes, e esta é a razão porque apresentam temperaturas mais elevadas. A temperatura diminui à medida que a densidade de ocupação decresce. De acordo com Martins & Andrade (2008), os poluentes também afetam o balanço da irradiação, em especial porque o particulado é composto por carbono e há presença significativa de ozônio (O_3), dióxido de carbono (CO_2) etc.

Raios e atividade elétrica

Em relação a raios e atividade elétrica na RMSP, um estudo recente de Pinto e Pinto (2008) correlaciona a atividade de raios com mudanças na temperatura do ar em escala diária, mensal, anual e decadal na cidade de São Paulo. Dados de raios coletados pela Rede Brasileira de Detecção de Descargas Atmosféricas (BrasilDat) no período 1999-2006 e de tempestades, obtidos no período 1951-2006, foram comparados com a temperatura do ar.

Nesse estudo observou-se uma estreita correlação espacial entre a distribuição dos raios, a área urbana e a configuração da ilha de calor (Figura 7), indicando a formação de sistemas convectivos profundos e intensos na área urbana. Farias et al. (2008) observaram, durante o período de 1999 a 2004, na cidade de São Paulo, uma diminuição na incidência de raios nos finais de semana, que coincide com a diminuição de poluição neste mesmo período.

A atividade de raios aumenta significativamente com o aumento da temperatura, com uma taxa de aumento de 0% por 1°C em escalas diárias e

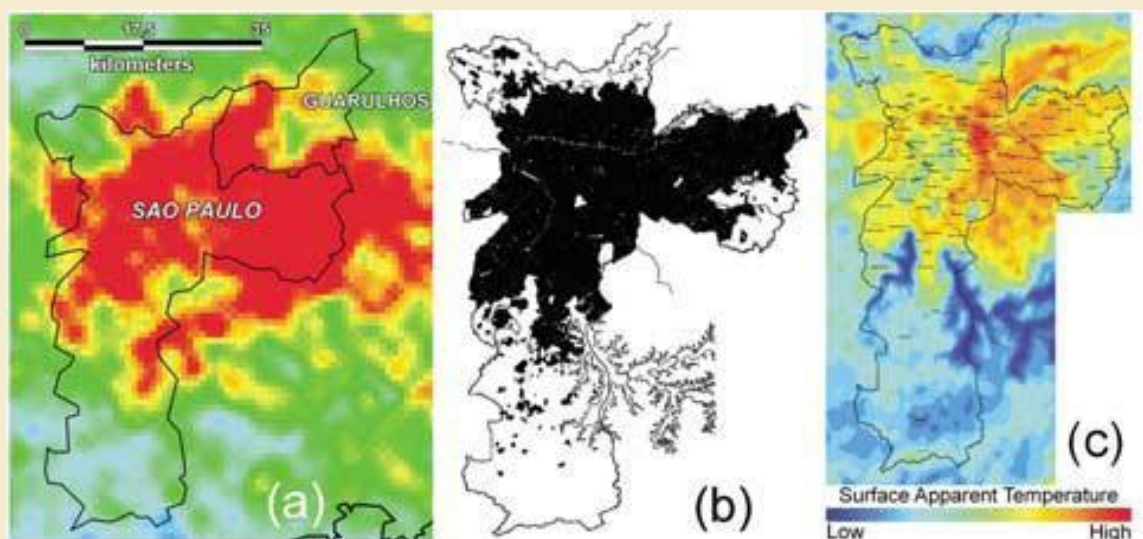


Figura 7: **a)** densidade de raios na cidade de São Paulo (indicada em vermelho) a partir de dados da Rede Brasileira de Detecção de Descargas Atmosféricas (BrasilDat) (Pinto e Pinto, 2008), **b)** área urbana do município de São Paulo, indicada em preto, **c)** temperatura aparente da superfície obtida a partir da imagem da banda termal do satélite LandSat-7, caracterizando a ilha de calor urbana. Fonte: Naccarato et al. (2003).

mensais, e de 30% por 1° C na escala decadal (Figura 8). Na escala anual, o aumento não é estatisticamente significativo. A menor taxa de aumento no nível decadal sugere que a sensibilidade na atividade de raios a mudanças na temperatura do ar diminui em escalas de tempo maiores, como se esperaria considerando o ajuste convectivo.

Urbanização, ilha de calor e clima local na RMSP

A urbanização da cidade, que se intensificou com a expansão de parques industriais, implantação de sistema viário e construção de edifícios, provocou alterações nas características climáticas da

região. Em especial nos últimos 30 anos, tem sido registrada uma tendência de chuvas anômalas no estado de SP e, sobretudo, na RMSP.

Usando um Modelo Digital de Terreno (MDT), e a partir de imagens do sensor ASTER, Teza e Baptista (2005) produziram um modelo tridimensional no contexto geomorfológico da RMSP (Figura 9). A Figura mostra que o perfil térmico da cidade de São Paulo é o de uma ilha urbana de calor clássica, ou seja, periferias mais frias do que o centro. A temperatura entre as porções estudadas na imagem variou entre 26° C e 42° C. A cidade de São Paulo está localizada numa área onde existem serras cercando parte do contorno da cidade. Essas movimentações servem como barreira para dispersão de ventos e de poluentes que existem na atmosfera. A dificuldade de dispersar poluentes e ventos, juntamente com a rugosidade do terreno conferida pelas construções, são fatores agravantes do fenômeno ilhas urbanas de calor em termos de extremos de temperatura. Por outro lado, prédios aumentam a rugosidade, o que em princípio, aumenta a transferência vertical turbulenta favorecendo mistura vertical e amenizando a poluição.

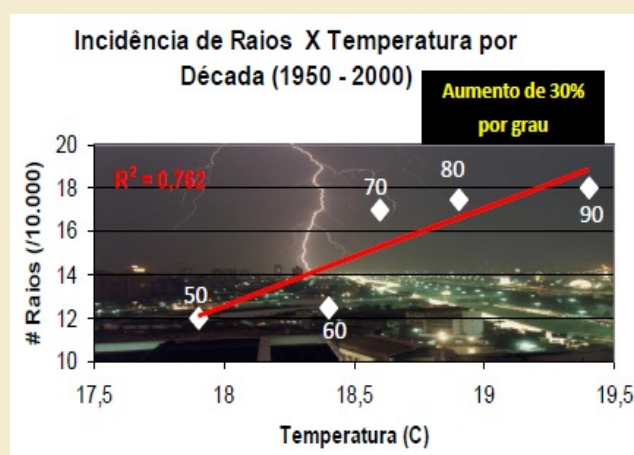


Figura 8: Incidência de raios e aumento da temperatura em escala decadal (para as décadas de 1950, 1960, 1970, 1980, e 1990) para a cidade de São Paulo (Pinto e Pinto 2008)

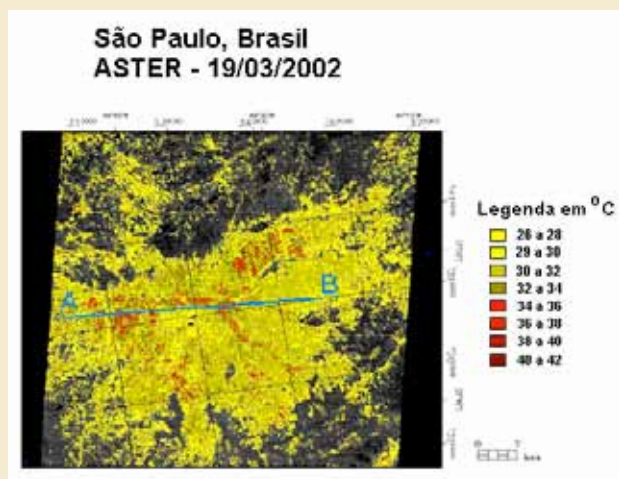


Figura 9: Espacialização da temperatura de superfície na RMSP para 19/3/2002 (Teza e Baptista 2005)

Estudos numéricos sobre os efeitos da ilha de calor e urbanização na cidade de São Paulo têm sido desenvolvidos com intuito de estudar a ilha de calor e os seus impactos nas mudanças de temperatura e chuva na RMSP. Freitas e Silva Dias (2007) usaram o modelo Regional Atmospheric Modeling System (RAMS) acoplado a uma representação apropriada ao tratamento de áreas urbanas, o esquema Town Energy Budget (TEB). Os autores analisaram as diferenças entre uma simulação considerando a urbanização e outra em que as áreas urbanizadas foram substituídas por vegetação. Os resultados obtidos mostram que diferenças de temperatura significativas só são verificadas em áreas urbanas relativamente extensas (Figura 10).

A Figura 10 mostra o campo da diferença de temperatura no primeiro nível vertical do modelo (33,4 m) entre as duas simulações para o horário das 9:00 (06 HL) do dia 01 de agosto de 1999. Esse horário corresponde a um dos valores máximos dessa diferença. Observa-se a configuração em forma de “ilha” na área da RMSP com diferenças de até 3,5° C, ou seja, a região urbana é 3,5° C mais quente do que seria caso a área que ela ocupa fosse coberta pelo tipo de vegetação escolhido.

Como essa configuração resultante da diferença de temperatura é semelhante àquelas observadas em ilhas nos oceanos, o efeito recebe o nome de “ilha de calor urbana”. A presença da RMSP e outras áreas urbanas de menor porte contribuem para a formação de zonas de convergência e divergência não só sobre essas áreas, mas também sobre regiões remotas. Freitas et al (2007) sugerem uma importante interação entre

as brisas e a circulação na ilha de calor da RMSP, o que intensifica convergência no centro da cidade e consequentemente acelera a brisa marinha dirigida para a cidade de São Paulo.

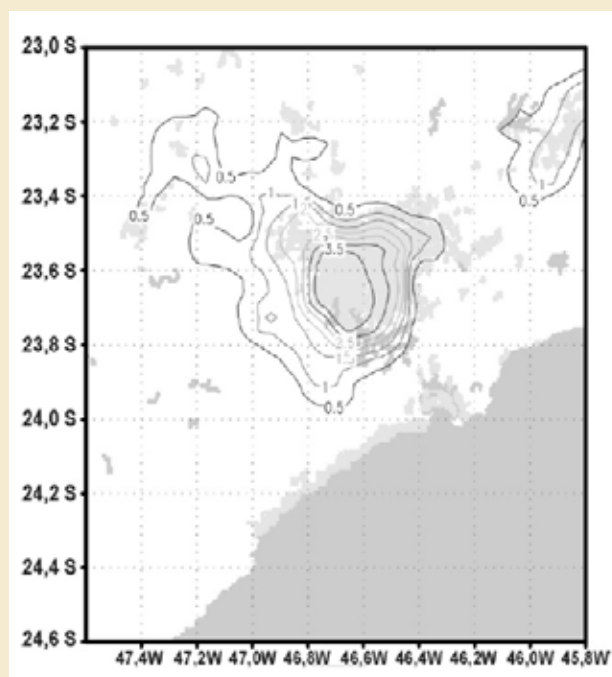


Figura 10: Diferença de temperatura (° C) no primeiro nível vertical do modelo RAMS-TEB (33,4 m) entre as simulações com e sem cidade para o horário das 09:00 do dia 01 de agosto de 1999. As regiões urbanas e os corpos d’água estão representados em tons de cinza ao fundo (Freitas e Silva Dias 2005).

Freitas e Silva Dias (2005) verificam a diferença entre os fluxos de calor sensível e latente obtido da simulação com a presença da malha urbana menos o da simulação sem a presença da mesma. Nesta figura nota-se a grande diferença simulada no período da tarde. Diferenças da ordem de +120 W/m² são identificadas nos fluxos de calor sensível às 15:00, indicando que na cidade existe uma grande transferência de calor sensível durante o dia. Por outro lado, neste mesmo horário, verificam-se diferenças de até -160 W/m² nos fluxos de calor latente, indicando que durante o dia a evaporação é bem menor na cidade.

O resultado disso é que a razão de Bowen é muito maior na cidade do que em seus arredores, resultando na formação de circulações locais que podem ser fundamentais durante a realização de previsões de tempo na região. Para o horário das 18:00 o padrão é o mesmo, mas as diferenças se tornam maiores nos dois fluxos. Diferenças de +210 W/m² e -250 W/m² são encontradas nos fluxos de calor sensível e latente, respectivamente.

Um estudo recente de Mourão (2010) analisa episódios de chuvas intensas que atingiram a Serra do Mar, através de simulações numéricas utilizando o modelo regional Eta. A vegetação urbana foi incluída no mapa de tipo de vegetação utilizado pelo esquema de superfície NOAH, pois trata-se de uma região bastante urbanizada, que sofre o efeito da ilha de calor em dias quentes.

O experimento com a inclusão da vegetação urbana alterou a temperatura do ar e a do ponto de orvalho a 2m, assim como a circulação local e, conseqüentemente, a precipitação em relação à simulação controle, principalmente nos locais onde o tipo urbano foi incluído, mostrando que a formação de precipitação convectiva nesta região é fortemente influenciada pela configuração térmica e dinâmica que a ilha de calor urbano promove em dias quentes, com fraca atuação de sistemas sinóticos.

No caso de fevereiro, das chuvas intensas em 2008 na região do Serra do Mar, o experimento da vegetação foi melhor que a simulação controle, o que significa que a inclusão da vegetação urbana contribui para a formação de sistemas convectivos na região de estudo fazendo com que o ambiente atmosférico favorável à formação desses sistemas fosse melhor representado, como pode ser visto na análise de variáveis como temperatura do ar e do ponto de orvalho.

Sumarizando, cidades muito urbanizadas, com prédios e superfícies pavimentadas, armazenam mais energia solar que superfícies com coberturas naturais. Adicionalmente, o homem e as atividades industriais produzem calor extra ao ambiente, acrescentando os fluxos de calor sensível e reduzindo os fluxos de calor latente, causando altas temperaturas próximas à superfície.

Experimentos numéricos sugerem mudanças nos padrões de temperatura e chuva quando a vegetação natural é substituída por asfalto ou concreto, simulando o crescimento de uma grande cidade.

capítulo 4

Tendências climáticas de longo prazo detectadas na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP)

Vários estudos já têm detectado um aumento na intensidade e na frequência de dias com chuva intensa no sudeste da América do Sul, desde o centro da Argentina até o Centro-Oeste e Sudeste do Brasil. Tendências positivas no número de dias com chuva intensa e muito intensa, concentrada em curto período de tempo e na quantidade de eventos chuvosos que podem gerar enchentes e deslizamentos de terra em áreas de encosta, têm sido detectadas desde a década de 1990 (XAVIER et al 1994, CARVALHO et al 2002, MARENGO et al 2009c, HAYLOCK et al 2006, ALEXANDER et al 2007).

Xavier et al (1994) analisaram a variabilidade da chuva na RMSP de 1933–1986, apresentando de fato um aumento na intensidade da chuva em fevereiro e maio. Estudos recentes de Haylock et al. (2006), Dufek e Ambrizzi (2007) e Marengo et al (2009 a, b, c) identificaram tendências para condições mais úmidas no Sudeste do Brasil sob a forma de um aumento na intensidade e frequência de dias com chuva intensa durante os últimos 50 anos, que se estende a toda a região Sudeste e Sul do Brasil.

45

Índices de extremos do tempo e clima

Para a RMSP, os dados climáticos da estação meteorológica de Água Funda da USP-IG, com registros contínuos desde a década de 1930, permitem a análise detalhada de extremos climáticos e suas tendências até 2010. Estes dados não podem ser extrapolados como válidos para toda a RMSP, mas pelo menos permitem detectar tendências climáticas observadas nos extremos de chuva, temperatura e índices de ondas de calor em algum ponto da cidade de São Paulo (conforme veremos no Gráfico 1). As tendências sugerem aumento na frequência de extremos de chuva, com uma redução de períodos secos entre chuvas intensas, assim como aumentos na frequência de noites e dias quentes e redução na frequência de dias e noites frias.

Os índices usados para calcular os extremos climáticos são os mesmos utilizados por Frich et al. (2002), e definidos como:

- Noites muito frias (TN10p): Número de dias no ano em que a temperatura mínima está abaixo do 10º percentil da distribuição de temperatura diária do período 1961-1990;
- Noites muito quentes (TN90p): Número de dias no ano em que a temperatura mínima está acima do 90º percentil da distribuição de temperatura diária do período 1961-1990;
- Dias muito frios (TX10p): Número de dias no ano em que a temperatura máxima está abaixo do 10º percentil da distribuição de temperatura diária do período 1961-1990;
- Dias muito quentes (TX90p): Número de dias no ano em que a temperatura máxima está acima do 90º percentil da distribuição de temperatura diária do período 1961-1990;
- Dias secos consecutivos (CDD): O número máximo de dias consecutivos no ano em que a precipitação diária é menor do que 1 mm;
- Precipitação máxima em 5 dias (R5xDay): Precipitação total máxima acumulada em 5 dias consecutivos;
- Precipitação extrema (R95p): Precipitação anual total acima do 95º percentil da distribuição de precipitação diária do período 1961-1990;
- Dias úmidos (R10): Número de dias no ano com precipitação acima de 10mm.
- Dias muito úmidos (R20, 30, 50, 80, 100): Número de dias no ano com precipitação acima de 20, 30, 50, 80 e 100 mm.
- Períodos de muito calor (WSDI): Número de casos por ano em que existem pelo menos 6 dias consecutivos em que a temperatura máxima ultrapassa o 90º percentil.
- Duração de ondas de calor (HWDI): Número máximo de dias consecutivos num ano, com temperatura máxima diária superando em mais de 5° C a média da temperatura máxima.

Marengo et al (2009) mostram tendências positivas de noites quentes TN90 e de chuvas R10 no sudeste da América do Sul. Os dados das estações mostram uma tendência observada de aumento na frequência de TN90 por 40 anos, chegando a até mais de 20% no Sudeste do Brasil (Figura 11a). Episódios de chuva intensa definidos pelo índice R10 na Figura 11b apresentam um grande aumento (maior que

16 dias/40 anos) em grande parte do sudeste da América do Sul, centro da Argentina e até o Centro-Oeste e Sudeste do Brasil. Vários estudos (Marengo et al 2009c, Dufek e Ambrizzi 2007) já identificaram tendências positivas no número de dias com chuva intensa e com chuva muito intensa, concentrada em curto tempo, e na quantidade de chuva concentrada em eventos chuvosos que são indicadores de chuvas que produzem enchentes durante 1961-2000.

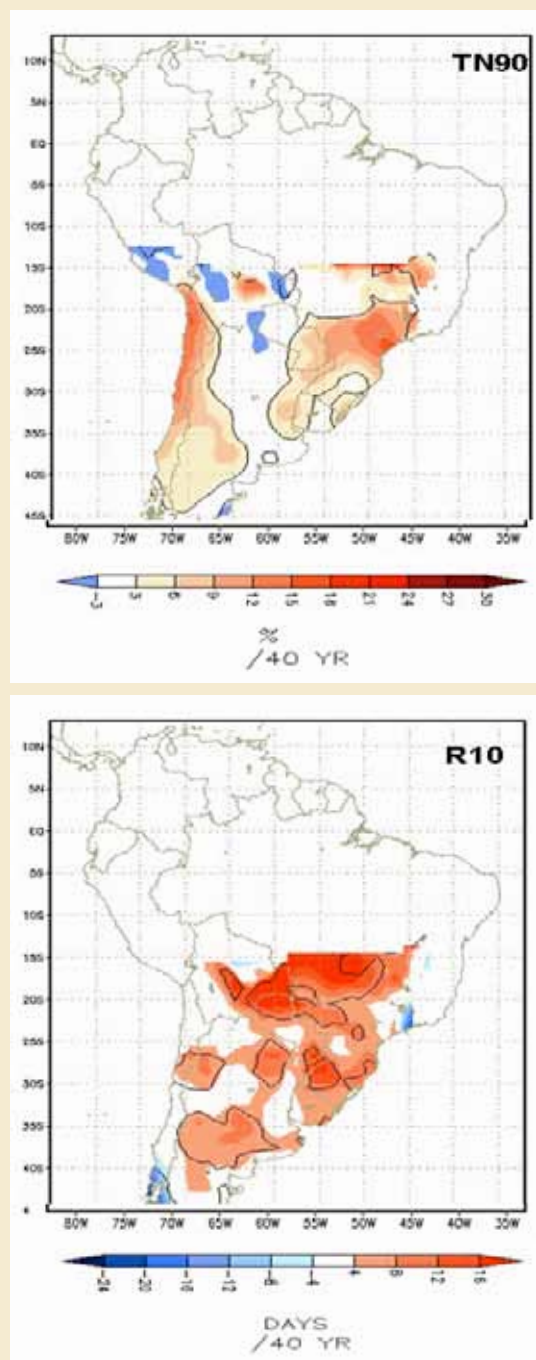


Figura 11. a) Tendências dos índices extremos TN90 (noites quentes) e **b)** R10 (dias com chuva superior a 10 mm para o período 1961-2000 (Marengo et al. 2009c).

Estas tendências sugerem aumento na frequência e intensidade de eventos de chuva no sudeste da América do Sul, enquanto que a ausência de dados na região tropical não permite uma análise mais abrangente dos extremos nessa parte do continente. Tendências positivas na chuva máxima acumulada em 5 dias têm sido observadas nas latitudes mais austrais do que de 20°S na América do Sul durante a primavera, verão e outono, enquanto que algumas áreas do norte da Argentina apresentam tendências negativas durante o inverno (MARENGO et al. 2007).

Essas tendências nos extremos de chuva e temperatura têm sido também discutidas nos estudos recentes de Teixeira e Satyamurty (2007) e Marengo e Camargo (2007), assim como nos

estudos anteriores de LIEBMANN et al (2001), VINCENT et al. (2005) e HAYLOCK et al (2006).

Extremos de chuva

A Figura 12 e o Gráfico 1 mostram as tendências de aumento de extremos de chuva para a estação de Água Funda USP IAG desde 1930. A Figura 12 apresenta um aumento no número de dias com chuva acima de 20 mm (R20), de dias com chuva acumulada em 5 dias (R5Xday) e uma redução na sequência de dias secos consecutivos (CDD). As tendências no número de dias com chuva acima de 30, 50 e 100 mm/dia para este local desde 1930 até 2010 são mostradas no Gráfico 1.

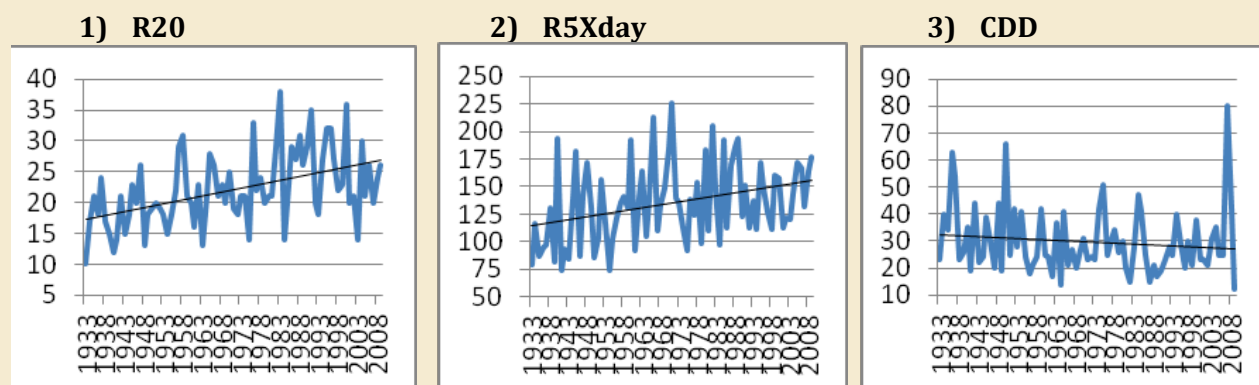


Figura 12: Tendências observadas de índices de extremos de chuva na estação de Água Funda-USP IAG, no período de 1933 até 2010 (veja Figura 4 do capítulo 3, para a localização da estação meteorológica).

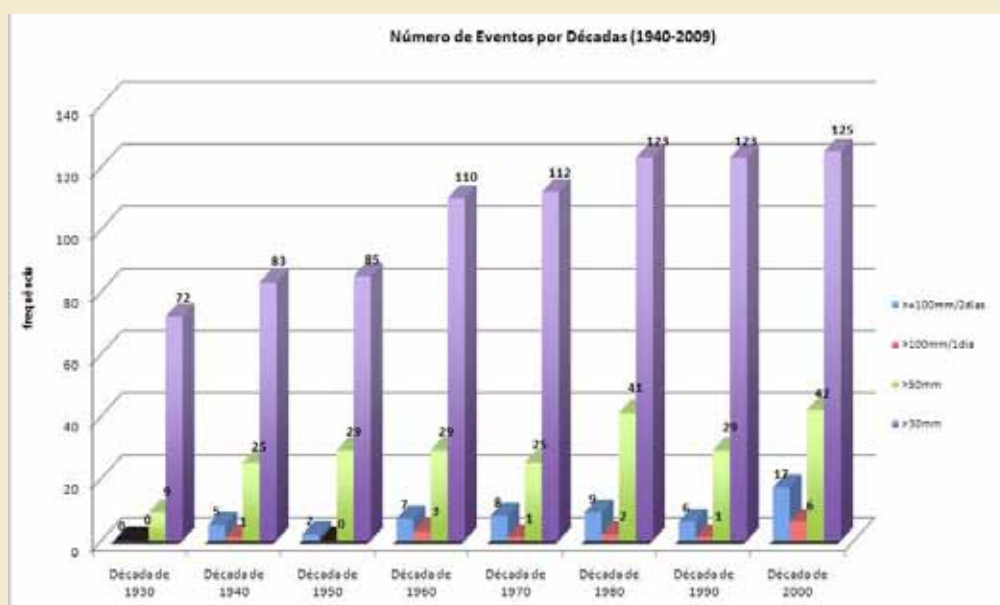


Gráfico 1: Tendências de eventos de chuvas intensas observadas na cidade de São Paulo (estação de Água Funda-IAG USP) desde 1930. Fonte: Estação Meteorológica do IAG-USP; análise, Julia Reid, CCST/INPE

Uma análise de extremos de chuva (dias com chuva acima de 20, 30, 50 e 100 mm/dia) mostra evidências de aumento dos eventos superiores a 20-30 mm/dia (considerando este valor como limiar para causar transtornos) e acima de 50 mm/dia (para causar desastres naturais localizados) ou 100 mm (para causar desastres naturais abrangentes). A frequência de dias com chuva acima de 30 mm tem aumentado em quase 40% nas décadas de 2000-2009, comparando com as de 1930-1940. O número de dias com chuva acima de 50 mm passou de 9 por década entre 1933-1940 para 40 por década entre 2000-2009, também em Água Funda.

A Figura 13 mostra as tendências no número de dias (ou casos), em média para cada década, de seis categorias de qualidade (intensidade) de chuva na estação de Água Funda USP-IAG e na estação da USP-ESALQ em Piracicaba, fora da RMSP. Observa-se que as chuvas menores de 1 mm/dia, que podem ser consideradas como garoas, mostram uma diminuição nos valores médios, inclusive o desvio padrão, especialmente nos últimos 20 anos, na estação da USP-IAG, mas esta tendência não é observada na estação da USP-ESALQ, onde persistem valores decadais baixos com pouca variabilidade.

As precipitações significativas (≥ 1 mm) na USP-IAG apresentam um comportamento oposto ao observado nas precipitações menores de 1 mm, com uma tendência de incremento

constante, e variabilidade similar ao longo de todas as décadas, estabilizando-se ligeiramente nas últimas três décadas, e na USP-ESALQ observa-se comportamento similar às chuvas menores de 1 mm. Nas duas estações, ao longo das décadas, as chuvas entre 1-5 mm não apresentam nenhuma tendência, mas a estação da USP-ESALQ mostra variabilidade de longo prazo. Já as chuvas entre 5-25 mm na estação da USP-IAG mostram um ligeiro incremento enquanto que as da USP-ESALQ apresentam pouca variabilidade ao longo das décadas.

O aumento na frequência de dias com chuva entre 25-50 mm (similar ao de 30 mm, Figura 13) e maior de 50 mm constante (quase monotônica) na estação da USP-IAG, particularmente nas três últimas décadas, diverge do comportamento do incremento na frequência das chuvas entre 25-50 mm, nas últimas quatro décadas, e a pouca variabilidade das chuvas maiores de 50 mm na USP-ESALQ. Estas duas últimas aparecem moduladas por uma variabilidade de período longo prazo.

O comportamento das frequências da qualidade das chuvas analisado nas duas estações sugere que existe dentro da ilha de calor da RMSP e fora, um aumento diferenciado nas frequências de chuvas mais intensas, particularmente nas últimas três décadas, associado ao crescimento urbano e ao aquecimento global, ocorrendo de forma não concomitante nas duas estações.

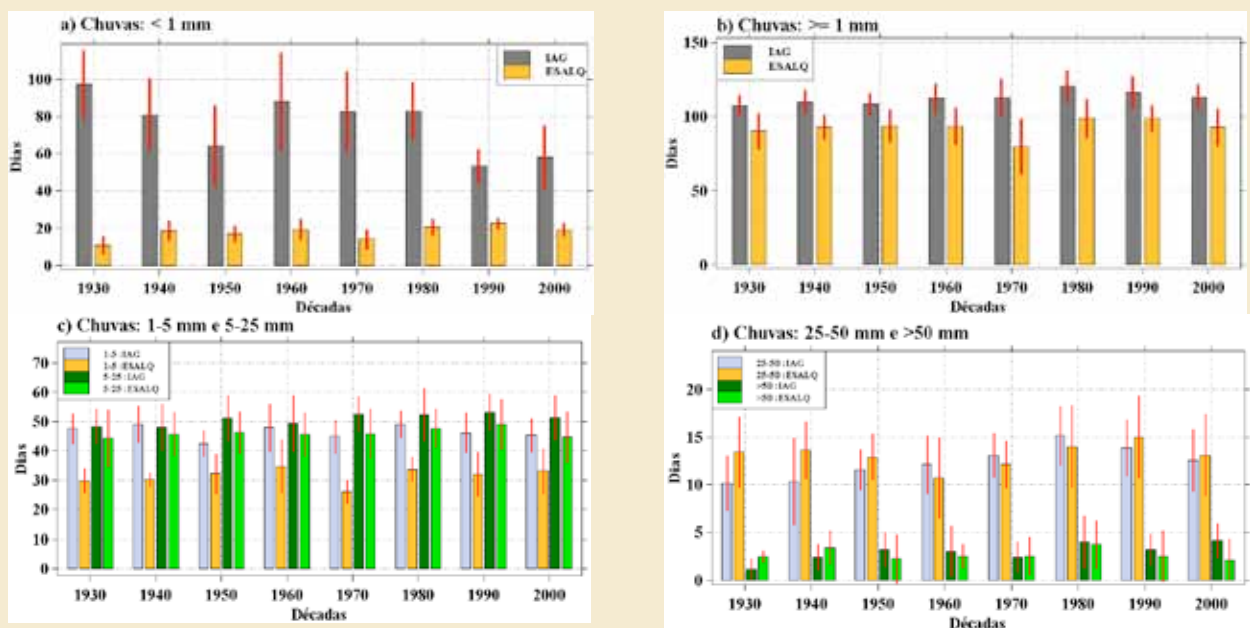


Figura 13. Distribuição média de dias de chuva por década nas estações de Água Funda USP-IAG na RMSP e ESALQ-USP em Piracicaba. **a)** chuvas menores que 1 mm - indicador de garoa, **b)** chuvas maiores e iguais que 1 mm - indicador de precipitações significativas **c)** chuvas entre 1-5 e 5-25 mm e, **d)** chuvas entre 25-50 mm e maior que 50 mm. Barras horizontais indicam a variabilidade de um desvio padrão dentro de cada década.

Uma análise de frequências acumuladas por décadas de chuva em nove postos meteorológicos espalhados na RMSP para o período de 1941 a 2000 foi realizada para chuvas menores que mm (garoa), maiores ou iguais a 1 mm e assim por diante até chuvas de 100 mm acumuladas em 1, 2 e 3 dias. Para obter os valores de cada década considerou-se como máximo 12% de dados faltantes por ano e de 8 anos como mínimo, pelo qual algumas estações não apresentam valores contínuos ao longo das seis décadas. Esta análise é complementar àquelas apresentadas nas figuras anteriores para USP-IAG Água Funda e USP-ESALQ.



Figura 14: Postos meteorológicos utilizados nas análises de frequências das Figuras 15-17 (Fonte de dados: DAEE, ANA e IAG-USP)

As precipitações menores de 1 mm (garoas, Figura 15) não apresentam características de destaque nas estações analisadas, salvo alta variabilidade decadal própria de cada estação. As precipitações significativas, maiores do que 1 mm, apresentam características bastante generalizadas em várias estações meteorológicas.

As estações localizadas no lado oeste da RMSP apresentam frequências médias similares, em torno de 100-120 dias, e pouca variabilidade decadal nas frequências de dias com chuvas maiores ou iguais a 1 mm. Essas frequências diminuem ligeiramente nas estações localizadas em torno da região central da RMSP e incrementam nas estações do leste da RMSP atingindo valores até de 170 dias.

Observa-se uma tendência positiva das precipitações maiores ou iguais a 1 mm em algumas estações, particularmente no Engordador, USP-IAG e Paranapiacaba. Destaca-se que a estação da Luz apresenta características muito particulares, diferentes das demais estações, com frequências de chuvas menores que 1 mm similares ao longo das décadas e somente na década de 1970 passou dos 20 dias. Esta distribuição temporal, aparente, é resultado característico da distribuição espacial da

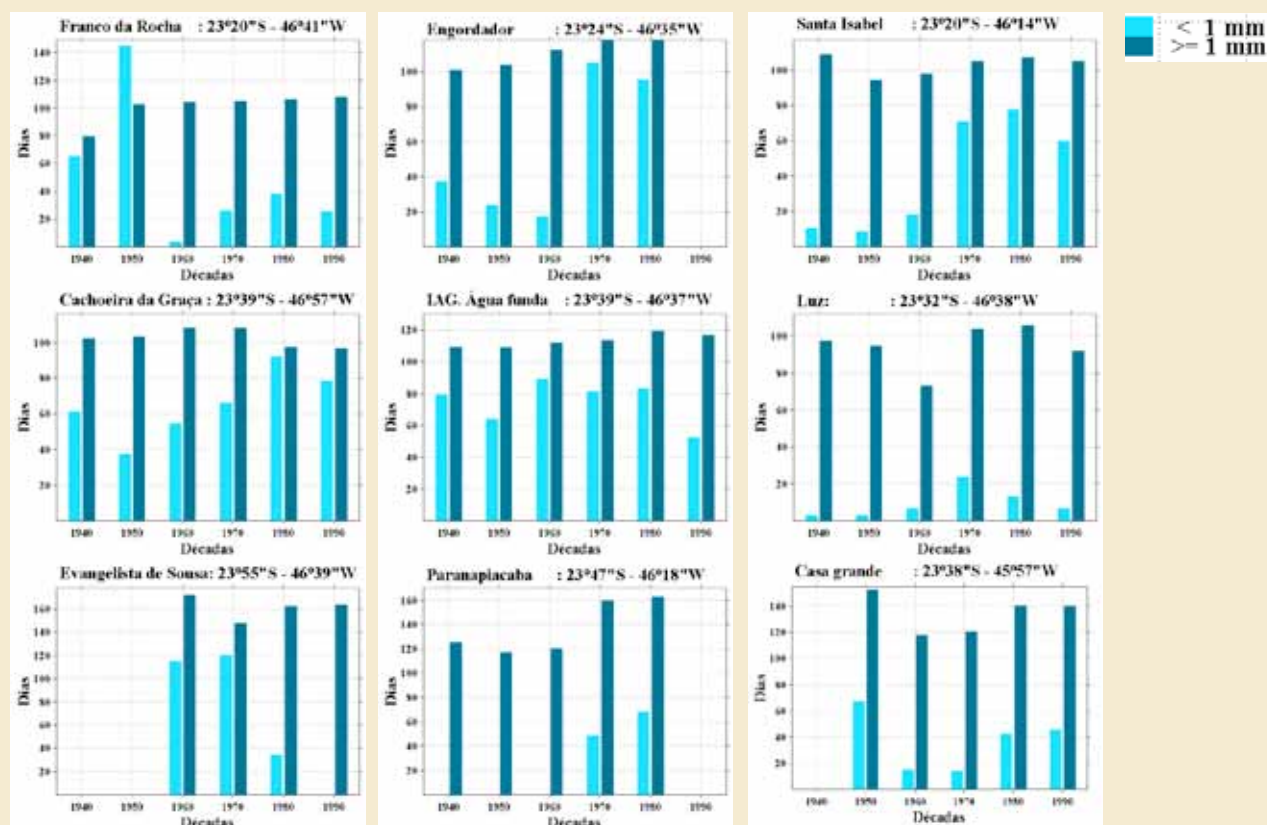


Figura 15: Tendências decadais observadas nos episódios de chuva menores do que 1 mm e maiores ou iguais a 1 mm em 9 estações meteorológicas na RMSP, desde a década de 1940 até finais da década de 1990 (Fonte de dados: DAEE, ANA e IAG-USP).

precipitação sobre a RMSP o qual precisa ser melhor estudado dentro do contexto mais amplo.

Com exceção das estações da Luz e Cachoeira da Graça, onde a alta variabilidade decadal predomina nas frequências de 1-5 mm e de 5-25 mm, e é praticamente constante na frequência de 25-50 mm, nas outras estações, localizadas no oeste e centro da RMSP, observa-se uma ligeira tendência positiva diferenciada, com características muito regionais, nas intensidades de precipitação nas frequências de 1-5 mm, 5-25 mm e 25-50 mm (Figura 16). Ressalta-se que as estações localizadas no leste da RMSP, no alto da Serra do Mar, apresentam características

muito peculiares no comportamento das três intensidades de precipitações.

Observa-se que ao longo das décadas as quantidades entre 1-5 mm apresentam tendências positivas nas três estações localizadas no oeste da RMSP. Nas quantidades de dias com chuva de 5-25 mm observam-se tendências contrastantes entre as estações localizadas mais ao sul da RMSP (negativa) e as demais estações e, na faixa de 25-50 mm, com exceção das estações localizadas no lado leste, todas mostram características similares (valores quase constantes). Na região leste a distribuição temporal das precipitações 25-50 mm

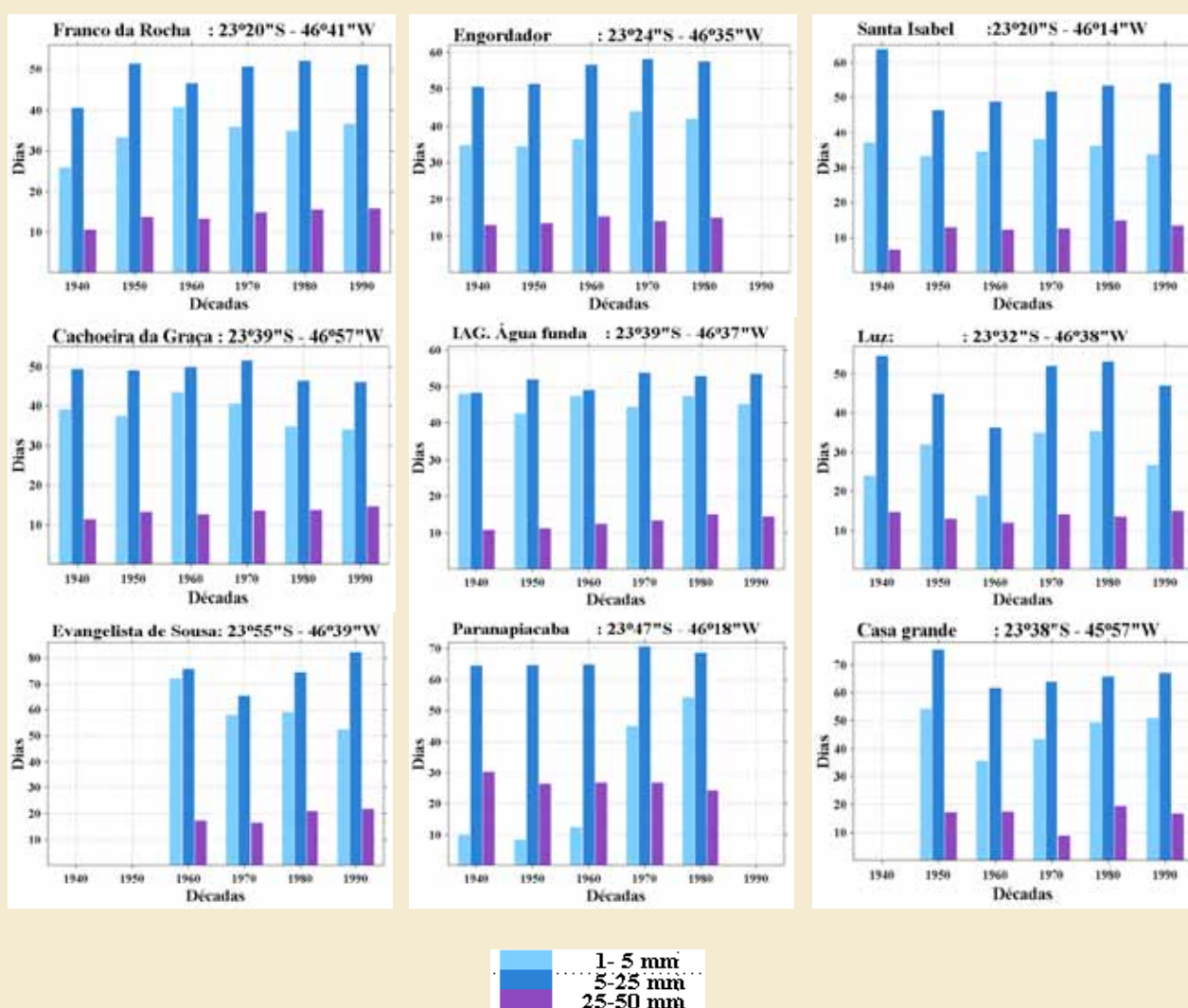


Figura 16: Tendências decadais observadas nos episódios de chuva entre 1-5, 5-25 e 25-50mm em 9 estações meteorológicas na RMSP, desde a década de 1940 até finais da década de 1990 (Fonte de dados: DAEE, ANA e IAG-USP).

apresentam características muito diferenciadas, e na estação de Paranapiacaba observa-se uma característica muito peculiar com incremento dos dias de precipitações nas faixas de 5-25 mm e diminuição na faixa de 25-50 mm.

As precipitações maiores que 50 mm apresentam tendência linear positiva nas estações da USP-IAG e, principalmente, de Santa Isabel, e tendência negativa no Engordador, Cachoeira da Graça e em Paranapiacaba. Talvez a característica mais importante seja o fato de que nas décadas de 1950-1990, foram detectados picos nos eventos de chuva acima de 50 mm em toda a RMSP (variando entre 20-60 dias), como a maioria das

estações analisadas está mostrando (Figuras 16, 17). Também, a maioria das estações apresenta tendência positiva no acumulado de 100 mm em três dias. Entretanto, a estação de Paranapiacaba mostra tendências negativas nos acumulados de 100 mm em dois e três dias. A análise de extremos de chuva (dias com chuva acima de 50 e 100 mm/dia), em geral, mostra evidências de aumento dos eventos superiores a 50 mm/dia (considerando este valor como limiar para causar transtornos e desastres).

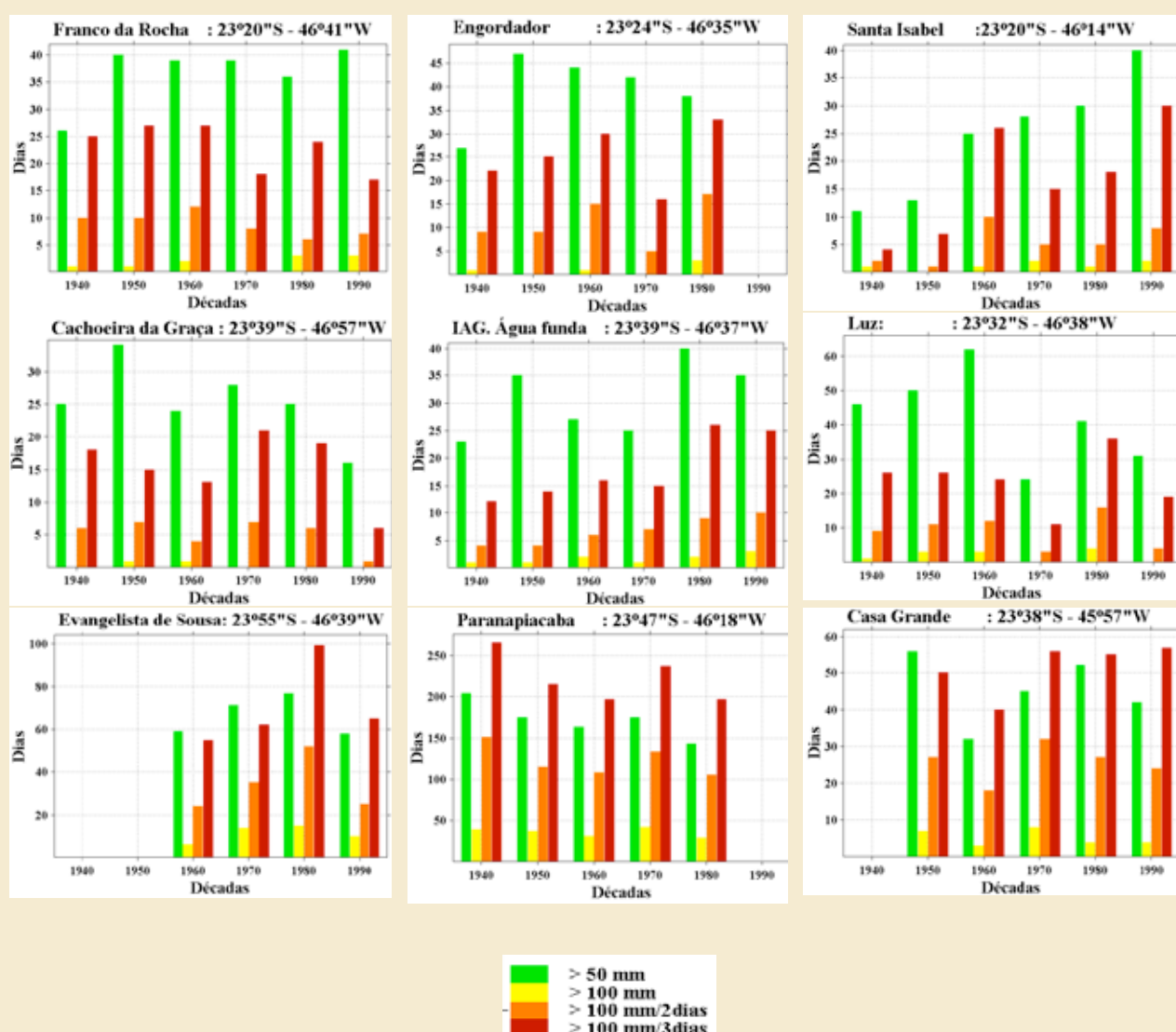


Figura 17: Tendências decadais observadas nos episódios de chuva acima de 50 mm e 100 mm, 100 mm acumulada em 2 dias e 100 mm acumulada em 3 dias em 9 estações meteorológicas na RMSP, desde a década de 1940 até finais da década de 1990 (Fonte de dados: DAEE, ANA e IAG-USP).

É provável que as causas desse aumento nos extremos de chuva nas décadas recentes estejam mais ligadas ao processo de urbanização e geração da ilha urbana de calor. Interações entre o processo de urbanização e mudanças do uso da terra e as alterações climáticas têm gerado uma diversidade de impactos. Enfatiza-se também que o efeito da ilha de calor urbano é um processo de mudança do clima de origem antropogênica, mas não diretamente relacionado ao aquecimento global associado ao aumento na concentração de GEE.

Conti (1979) identificou um aumento da torrencialidade da chuva no período 1947-1976, Pereira Filho et al.(2004) e Xavier et al., (1994) mostraram que as chuvas de verão são mais intensas na RMSP devido aos efeitos da ilha de calor e da circulação de brisa marítima. O estudo de Xavier et al (1994) analisou a variabilidade da chuva em SP de 1933-1986, apresentando de fato um aumento na intensidade da chuva em fevereiro e em maio e uma redução na frequência de chuvas menores do que 2 mm em todo o ano.

Dufek e Ambrizzi (2007) analisaram extremos de chuva usando os mesmos índices de extremos utilizados por Marengo et al (2009c) e Haylock et al (2006), no período mais longo de 1950-1999 e no período mais curto de 1990-1999, para todo o Estado de São Paulo. Os dados de chuva usados pelos autores são do DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo). Em longo prazo, as análises mostraram um aumento na frequência e intensidade dos extremos em todo o Estado, juntamente com um aumento nos totais anuais de chuva. No período de curto prazo, 1990-1999, os resultados mostraram que a precipitação mais intensa tende a se concentrar em poucos dias, juntamente com um aumento na frequência de dias secos consecutivos e na de dias com precipitação acima de 20 mm/dia (Figura 18).

As tendências de aumento nos índices de temperaturas diurnas e noturnas e de ondas de calor sugerem tendências típicas de aquecimento global devido ao aumento na concentração de GEE. Porém, é claro que estas tendências são também consequência do crescimento urbano da RMSP pelo efeito da ilha de calor (LOMBARDO 1985, CONTI 1979, XAVIER et al 1994).

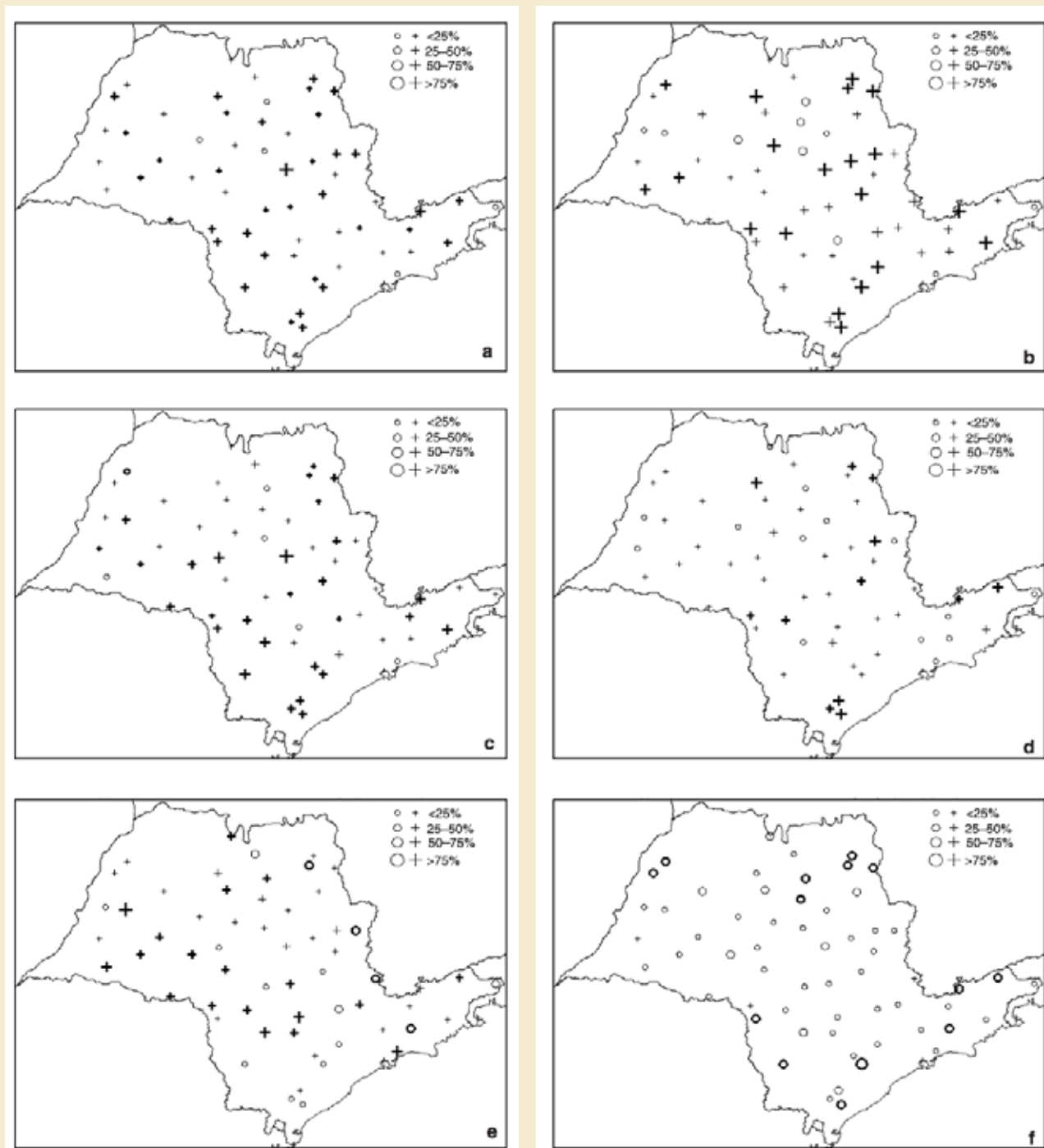


Figura 18: Tendências anuais de extremos climáticos no período de 1950–1999 no estado de SP. **(a)** Chuva total anual. **(b)** R95p, **(c)** R20mm, **(d)** RX5day, **(e)** CWD e **(f)** CDD. Aumento/redução são mostrados por +/o, respectivamente. Escala na parte superior direita mostra a magnitude da mudança. Símbolos em negrito representam as tendências significativas ao nível de 5%. (Dufek e Ambrizzi 2007).

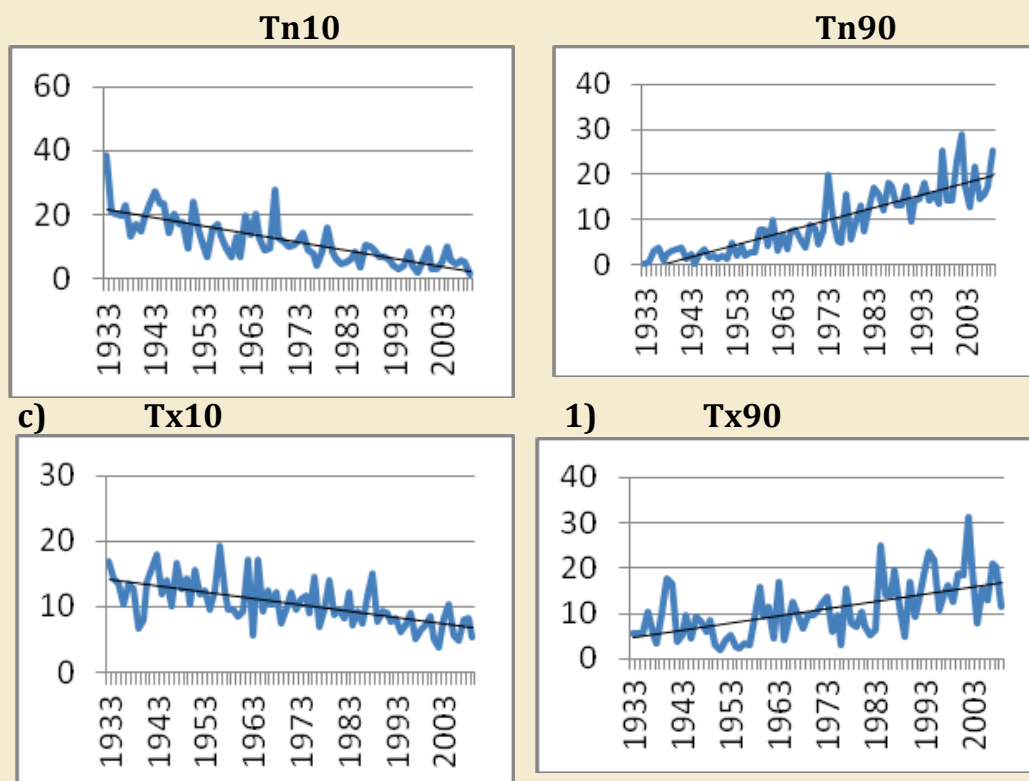
Extremos de temperatura

Em relação aos extremos de temperatura, há uma tendência positiva no número de noites e dias quentes, e negativa no de noites e dias frios, consistentes com um cenário de aquecimento global. As tendências positivas de aumento do número de noites quentes no Sudeste do Brasil, apresentadas em postos meteorológicos representativos da RMSP (Estação de Água Funda) e de Campinas, variam de 5% na década de 1950 até quase 35% no início do século XXI. A tendência de diminuição do número de dias frios apresentou frequência de 25-30% na década de 1970, chegando a até 5-10% em 2001-2002 (MARENGO 2007). Uma análise na região Sudeste do Brasil (VINCENT et al. 2005) confirmou as tendências observadas em São Paulo. Foram identificadas tendências positivas no número de noites quentes (TN90P) e dias quentes (TX90P) e, tendências negativas no número de noites frias (TN10P) e de dias frios (TX10P), durante 1960-2000, no estado de SP (Figura 19).

A frequência e a intensidade de eventos como precipitações extremas e aumento da temperatura têm se alterado em várias regiões do país nos últimos 50 anos. Dias frios, noites frias e geadas têm se tornado menos frequentes, enquanto dias quentes, noites quentes e ondas de calor têm aumentado o número de ocorrências (MARENGO et al. 2009 a, b). Essas mudanças nos eventos extremos produzem severos impactos nas atividades humanas, tais como agricultura, saúde, desenvolvimento econômico, planejamento urbano, gerenciamento de recursos hídricos, entre outros.

Os dados da estação meteorológica de Mirante de Santana mostram o aumento progressivo da média térmica da capital de São Paulo (Tabela 3) que foi de 19° C em meados da década de 70. Conti (1979) apresenta aumentos na média da névoa seca resultantes, em grande parte, da poluição industrial e da circulação dos veículos, situação que se vem se agravando rapidamente a partir da década de 1960. Os dados de Mirante de Santana na Tabela 3 são bastante expressivos nesse particular e os aumentos dos índices de nebulosidade são também evidentes na RMSP.

Figura 19.
Tendências observadas de índices de extremos de temperatura na estação de Água Funda-USP IAG, no período de 1933 até 2010.



Elementos/ Décadas	Chuva (mm)	Temp (°C)	Nevoeiro (dias)	Névoa seca (dias)	Nebulosidade média (dias)
1947-56	1396	17,6	1021	397	6,9
1957-66	1408	18,7	1423	530	7,2
1967-76	1459	19,0	1401	1325	7,0

Tabela 3: Evolução dos elementos do clima da cidade de São Paulo (Conti 1979)*.

(*) **Fonte:** CONTI, J. B. 1979: Crescimento Urbano e mudanças climáticas, Suplemento Cultural, o Estado de São Paulo, 9/9/1979, Número 149, Ano III- pp. 3-4.

Ondas de calor

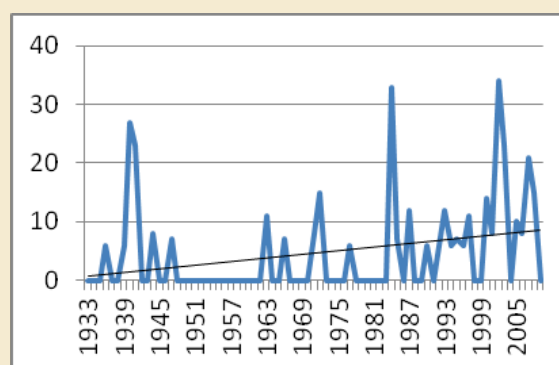
Em relação às ondas de calor, a Figura 20 sugere aumentos na frequência e na duração de períodos quentes e na duração de ondas de calor na RMS, com uma forte variabilidade interanual. A figura mostra os valores do WSDI e do HWDI. Em 1940, o WSDI apresentou um valor alto, mas a temperatura máxima média foi menor que 26° C. Em 1984, o WSDI esteve acima de 32° C, mas a temperatura máxima foi menor que 26° C e, em 2002, o WSDI teve valor de 35° C, mas a temperatura máxima foi maior que 27° C. Em 1940 e 1984, a temperatura máxima não chegou a 37° C, mas teve índice alto.

A HWDI sugere também uma duração maior desses períodos quentes nas décadas mais recentes. As definições usadas para estabelecer os índices WSDI e HWSI consideram valores relativos e não absolutos, isto é, mesmo em um lugar frio onde a temperatura máxima não ultrapassa 27° C, por exemplo, vai haver um índice que sugere ondas de calor. É difícil estabelecer um índice de ondas de calor generalizado que afete profundamente a saúde humana, pois a espécie humana desenvolve mecanismos de aclimação.

Segundo reportagem do Diário de São Paulo de 3 de março de 2009, a capital paulista não tinha temperatura tão alta em março desde 1943. O INMET nunca havia registrado 34,1° C no mês de março. A Zona Leste foi a região que mais sofreu com o calor. Em São Mateus, os termômetros chegaram a registrar 36,1° C e, em Itaquera, 35,6° C, segundo o Centro de Gerenciamento de Emergência (CGE) da Prefeitura. O calor também tem sido intenso no interior. Em Ribeirão Preto, Pirassununga, Taubaté e Guaratinguetá, a temperatura chegou a 35° C. Campinas registrou 34,5° C.

Cabe ressaltar que aspectos relativos às consequências das ondas de calor para a saúde

1) WSDI



2) HWDI

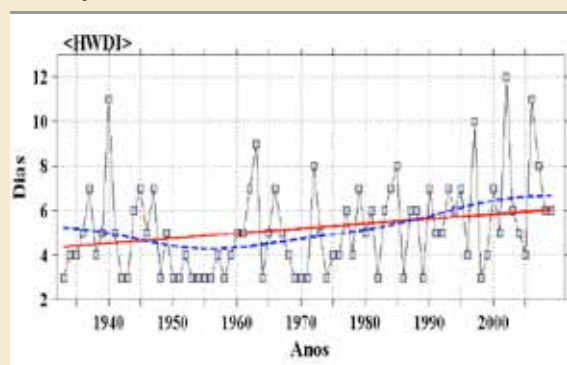


Figura 20: Tendências observadas de índices de ondas de calor na estação de Água Funda-USP IAG, no período de 1933 até 2010.

humana serão abordados mais detalhadamente no capítulo 9. Entretanto, mesmo com essa ressalva, vale a pena discutir um caso de onda de calor, em fevereiro 2010, que causou a morte de mais de 30 idosos na Baixada Santista, com temperaturas chegando a 40° C. Esse caso recente de ondas de calor, com impactos na população, foi registrado em Santos, SP, em fevereiro de 2010 e foi estudado por SANTOS (USP). O intenso calor registrado em fevereiro de 2010 no município de Santos (Folha Online, 10/02/2010), provocou a morte de pelo menos 32 pessoas com idades entre 60 e 90 anos naquela cidade.

De acordo com a Secretaria da Saúde (Box 2),

as mortes aconteceram entre segunda (8/02) e terça-feira (9/02). A secretaria destacou que todas as vítimas já tinham problemas crônicos de saúde como diabetes, hipertensão e problemas cardíacos. De acordo com a Secretaria de Saúde, a desidratação pode ter agravado os problemas de saúde já existentes e causado a morte dos pacientes. Naqueles dias, as temperaturas na cidade chegaram a ficar próximas aos 40° C, informou a Prefeitura. Devido ao registro de mortes, a Prefeitura iniciou uma campanha de conscientização da população sobre a desidratação.

“Com temperaturas atingindo os 39° C e sensação térmica de até 45° C, a onda de calor que atingiu a Baixada Santista esta semana matou mais de 50 pessoas entre domingo e terça-feira. Em Santos, foram 32 óbitos entre segunda e terça-feira. Em todo o mês de fevereiro do ano passado, Santos registrou um total de 24 óbitos. A maioria das vítimas dessa semana foi de idosos que já apresentavam doenças crônicas.

De acordo com a Secretária Municipal de Saúde de São Vicente, o número de óbitos registrados na cidade entre domingo e terça-feira também chamou a atenção, tendo sido 30% acima da média: 24 pessoas morreram em São Vicente, 16 delas no Pronto Socorro. Embora a temperatura alta, o clima abafado, a falta de vento e os índices de umidade sejam similares em toda a Baixada Santista, as prefeituras de Guarujá e Cubatão afirmam que o número de mortes está dentro da média. Já a Prefeitura de Praia Grande não contabilizou os índices.

Os pacientes que vieram a óbito tinham entre 60 a 97 anos, tinham hipertensão, diabetes, cardiopatias e problemas renais e provavelmente o calor acabou piorando essas doenças de base, disse a chefe do Departamento de Regulação da Secretaria de Saúde de Santos, Maria Ligia Lyra Pereira. O padrão de anormalidade foi até terça-feira. Na segunda tivemos 220 chamados de ambulância e a média é 130 por dia.

A hipótese de que as altas temperaturas podem ser a razão do aumento do número de mortes é reforçada pelo fisiologista Raul Santo de Oliveira, doutor em fisiologia do exercício e professor da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP). Segundo ele, idosos e sedentários têm mais dificuldades de “perder o calor”, ou seja, acionar os mecanismos internos (como a sudorese) que permitem que o sangue e as células mantenham a temperatura do corpo próxima aos 37° C)”.

Box 2: Onda de calor mata mais de 50 na Baixada Santista em fevereiro 2010 (Agência Estado, 10/02/2010)

Segundo a INFRAERO, a condição climática em Santos, no período de 01 a 09/02/2010 foi caracterizada por uma massa de ar seco. Esse sistema predominou por mais de uma semana sem registro de chuva significativa. O diferencial neste episódio foi a baixa umidade relativa verificada na região, o que não é muito comum, uma vez que, a cidade de Santos é litorânea e geralmente se mantém úmida. No dia das mortes a temperatura chegou aos 39° C com umidade de 21% à noite! Provavelmente a população já vinha sofrendo com o “calor seco” havia uma semana. No dia 7/02, véspera das mortes, a noite foi seca (baixa umidade), o que não é comum (Figura 21).

O impacto do intenso calor foi especialmente sentido na região Sudeste. A cidade do Rio de Janeiro registrou picos de temperatura em janeiro de 45 a 48° C, com sensação térmica superior a 50° C. No Sul do país também foram registrados picos históricos - em Porto Alegre as temperaturas superaram os 40° C.

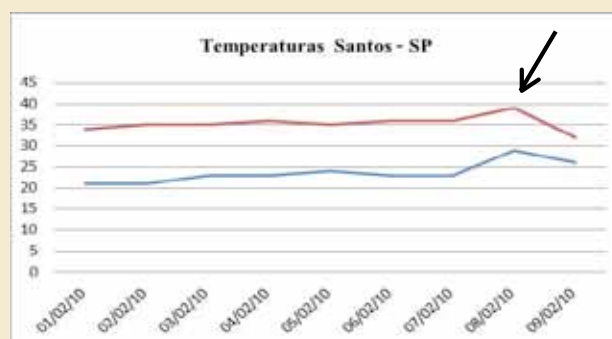


Figura 21: Temperatura máxima e mínima em Santos no período de 1-9 de fevereiro de 2010. Linha azul: temperatura mínima e linha vermelha: temperatura máxima (Fonte: M. Santos, FSP USP, baseado em registros da INFRAERO)

Cabe destacar que a maior parte desse calor resulta não apenas da combustão, que é o esteio dos sistemas de transporte e atividades industriais, mas também da geração de eletricidade. Dentro dessa perspectiva, o consumo de energia elétrica na Região Metropolitana é outro fator de significativa importância. Encontra-se na marca de 35,3 milhões de megawatts/hora (aproximadamente 17% do total nacional).

A ilha de calor como contribuição humana ao aquecimento na RMSP

As possíveis causas dessas mudanças observadas nos extremos de chuva e temperatura podem estar associadas às mudanças do uso da terra e ao processo de urbanização e desenvolvimento da RMSP. De fato, com base em medidas de chuva e na taxa de impermeabilização dos distritos de São Paulo, feitas conjuntamente entre a USP e a CGE (Centro de Gerenciamento de Emergências), tem-se observado que a alta impermeabilização, com muito concreto e pouco verde, ajuda a formar as tempestades típicas de verão, de curta duração e alta intensidade, que afetam particularmente a Zona Leste da RMSP.

A impermeabilização do solo é uma das causas dos alagamentos constantes nas regiões mais chuvosas da RMSP, especialmente no Jardim Pantanal, Itaim Paulista e na Consolação. O desenvolvimento da ilha de calor na área urbana da RMSP pode ser apontado como um dos agentes associados às mudanças nos extremos já detectados nas seções anteriores. O aquecimento global gerado pelo aumento na concentração de gases de efeito estufa parece ser secundário na RMSP, se comparado com o efeito da ilha de calor.

Uma análise detalhada sobre a ilha de calor na RMSP é apresentada no apêndice 2. As ilhas de calor urbanas são favoráveis ao aumento da temperatura no inverno nas cidades de latitudes médias, mas provocam muito desconforto nas cidades de clima tropical e quente e durante o verão em muitas cidades situadas nas latitudes médias. A ilha de calor é um fenômeno também caracterizado pelo aumento da precipitação

convectiva (tempestades associadas a nuvens tipo Cumulonimbos ou Cb) sobre a área urbana ou a sotavento desta (ou seja, para onde o vento arrasta o complexo de nuvens convectivas, isto é, de grande desenvolvimento vertical).

As ilhas de calor agravam as ondas de calor com consequências sobre o aumento da mortalidade de idosos e doentes que apresentem redução em sua capacidade de termo-regulação corpórea e de percepção da necessidade corpórea de hidratação (idosos e pacientes com doenças mentais ou de mobilidade). Vários estudos (Conti et al 1979, Xavier et al 1994, Pereira Filho et al 2004, Marques et al 2006) já têm sugerido o impacto da urbanização e do crescimento urbano da RMSP como causa das mudanças observadas de extremos de chuva e de temperatura.

O fenômeno da ilha de calor é caracterizado pela enorme diversidade de temperaturas em áreas diferentes de uma cidade. As variações de até 10° C na temperatura aparente da superfície na RMSP são demonstradas no Atlas Ambiental da Cidade de São Paulo, produzido e realizado pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente, com o apoio do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (USP) e mostrado na Figura 22. Foram cruzadas as informações coletadas por termômetros de superfície e pelo satélite Landsat-7, datadas de 03/09/1999. As regiões de maior temperatura estão na bacia do rio Tietê. Além de serem mais baixas, essas áreas possuem pouco verde, o solo é tomado por concreto, prédios e casas, as ruas são pavimentadas, há grande volume de veículos e alto índice de poluição.

De modo geral, a RMSP é composta por um mosaico de temperaturas de superfície diferenciadas. O mapa indica claramente o fenômeno da ilha de calor urbana. Observa-se que no centro a temperatura chega a mais de 30° C, enquanto na periferia não passa dos 27° C e, próximo à represa Billings, não passa de 24° C (Figura 22). Os mesmos fenômenos que caracterizam os mesoclimas urbanos existem em menor escala espalhados por toda a região – ilhas de calor, inversões térmicas localizadas, bolsões de poluição e diferenças locais nos comportamentos dos ventos. Entretanto, esses fenômenos (associados a diferenciações microclimáticas) não podem ser tão claramente evidenciados a partir de escalas muito amplas.

Ao contrário das edificações e do asfalto, a vegetação absorve e libera a radiação solar rapidamente através do processo de transpiração. Ou seja, nas áreas verdes, os raios solares provocam a evaporação da umidade das plantas e do solo e isso termina resfriando a temperatura ambiente. Segundo a Cetesb, além de irradiar ondas de calor, os edifícios reduzem a circulação dos ventos e a renovação do ar, facilitando a acumulação de poluentes. Na Grande São Paulo, 30.000 indústrias e 4 milhões de veículos jogam anualmente na atmosfera 2 milhões de toneladas de gases e material particulado.

Os ventos predominantes de sudeste trazem para o centro de São Paulo a poluição gerada na chamada zona industrial do ABC, através do vale do rio Tamanduateí. Portanto, o fluxo natural das correntes de ar leva para o centro da capital, precisamente a região mais quente, boa parte da poluição gerada em toda a cidade.

O impacto maior de aerossóis de sulfato é o de refletir radiação solar, diminuindo a incidência à superfície. Atuando como núcleos de condensação de nuvens e iniciando a formação dessas mesmas, os aerossóis de sulfato têm um efeito de arrefecimento indireto no nosso clima. Como as nuvens refletem de volta para o espaço a maior parte da radiação solar incidente neles, acabam por causar este arrefecimento da atmosfera terrestre e em virtude dessa diminuição da temperatura pode ocorrer menos evapotranspiração. Entretanto, como o calor específico do concreto e do asfalto é maior do que o de solo e plantas, isto mantém a temperatura mínima mais alta. A superfície da água e das florestas absorve grande parte da radiação solar incidente neles enquanto que refletem apenas uma pequena porcentagem desta radiação.

Um aspecto importante é que existem aerossóis com elevada capacidade de reflexão como

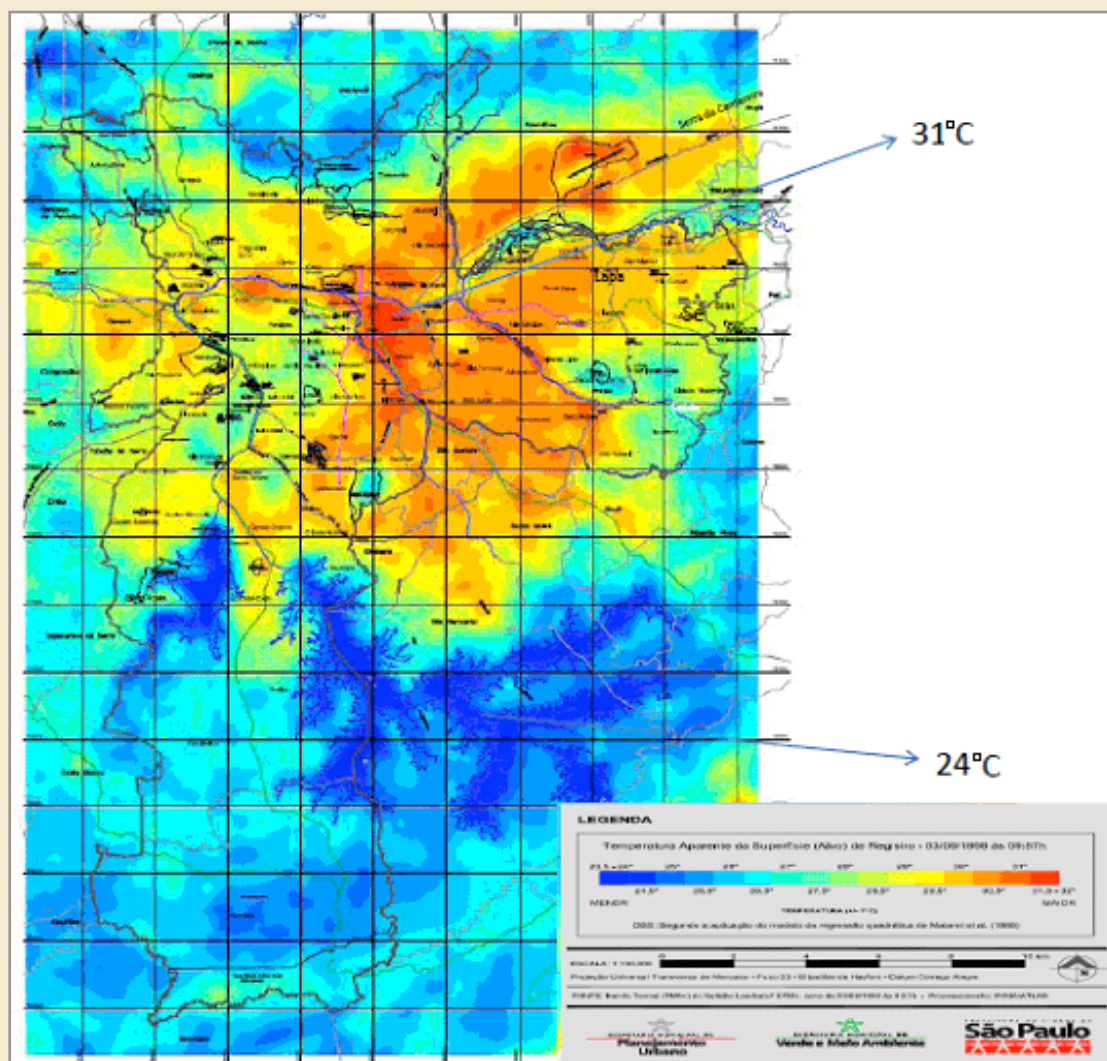


Figura 22: Variações de temperatura aparente na RMSP e vizinhanças. Fonte: Atlas Ambiental de São Paulo - (Prefeitura de São Paulo 2002), observações feitas no dia 03/set./1999, às 09:57.

os sulfatos, que contribuem para resfriar a atmosfera, enquanto outros possuem elevada capacidade de absorção, contribuindo portanto para aquecê-la. A interação destes aerossóis com as nuvens presentes na atmosfera altera a capacidade de reflexão/absorção destas.

Segundo o Atlas Ambiental do Município de São Paulo (Prefeitura de São Paulo 2002), as áreas críticas do ponto de vista climático são aquelas onde, além do péssimo conforto térmico do ambiente interno, se alia o risco de deslizamentos por impactos de chuva concentrados, principalmente na primavera-verão e, eventualmente, até no outono.

Segundo as análises dos dados climáticos, pode-se concluir que o Sudeste e Sul do Brasil têm experimentado um aumento nos volumes totais de chuva e nas precipitações intensas durante os últimos 50-60 anos. O aumento na frequência de extremos de chuva acima de 50 mm/dia na RMSP parece ser causado, principalmente, pelo efeito da ilha urbana de calor. Estas, associadas ao aumento na concentração de GEE na atmosfera, podem explicar as mudanças do clima e os extremos no Estado de SP, principalmente na RMSP. Porém, eventos de chuva intensa acima de 30-50 mm também aconteceram nas décadas de 1940-50, mas o efeito de urbanização pode ter ajudado a aumentar a frequência destes extremos de chuva nos últimos 30 anos.

Como resultado, a Grande São Paulo já enfrenta consequências de uma mudança acentuada do clima, mesmo que esta se deva mais ao fenômeno “ilha urbana de calor” do que ao aumento na concentração de GEE. Na RMSP os termômetros registram marcas 7° C maiores que nas regiões da periferia. Em sinergia e de forma similar a cenários de aquecimento global, os aumentos de temperatura na RMSP podem ser explicados na forma de aumentos na frequência de noites e dias quentes, e redução na frequência de noites e dias frios.

Essas tendências são detectadas com maior intensidade desde a década de 1960. As possíveis causas destas mudanças observadas nos extremos de chuva e de temperatura associam-se, principalmente, a um efeito humano na forma de mudanças do uso da terra e ao processo de urbanização e desenvolvimento da RMSP, acompanhado de um aumento do aquecimento global devido ao aumento da concentração de GEE. Ainda é cedo demais

para dizer se esse efeito antropogênico do aquecimento global pode, de fato, ter mudado os padrões de tempestades, na mesma magnitude e intensidade que o efeito da urbanização parece ter feito. Esse fenômeno que acontece na RMSP pode ocorrer em outras grandes áreas urbanas, sendo assim, estudos encontram-se em andamento para detectar as mudanças nos extremos e atribuir as causas dessas mudanças em megacidades como o Rio de Janeiro.

capítulo 5

Projeções do clima futuro para a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP)

O Grupo de Pesquisa em Mudanças Climáticas do Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e o Instituto Astronômico, Geofísico e de Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (USP) utilizaram modelos regionais climáticos para prover cenários de mudanças climáticas em alta resolução espacial para a América do Sul, como parte do projeto intitulado CREAS (Cenários Regionalizados de Clima Futuro da América do Sul (MARENGO et al. 2009a, MARENGO e AMBRIZZI 2006). Os resultados deste projeto constituem o Relatório de Clima do INPE (MARENGO et al. 2007).

O projeto CREAS utilizou três modelos regionais climáticos com as condições de fronteira do modelo climático global do Centro Hadley de Pesquisas em Mudanças Climáticas denominado HadAM3P: 1) Eta para Estudos de Mudanças Climáticas (Eta CCS); 2) RegCM3; e, 3) HadRM3P. Como cenários de emissões de gases de efeito estufa (GEE), foram considerados os cenários de emissão A2 (altas emissões de GEE) e B2 (baixas emissões de GEE). As projeções futuras foram feitas para o período 2071-2100 e a resolução espacial utilizada foi de 50 km. Maiores detalhes dos modelos regionais empregados e dos resultados obtidos nesse estudo podem ser encontrados em Marengo et al. (2009a, c). Os seis relatórios derivados deste projeto, assim como o atlas de cenários climáticos futuros estão disponíveis em www.cptec.inpe.br/mudancas_climaticas.

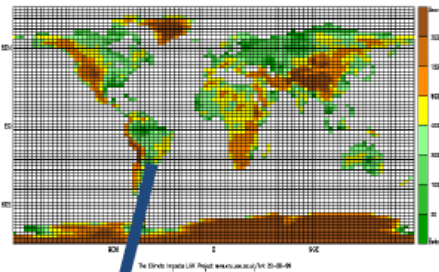
Para este estudo de vulnerabilidade das megacidades às mudanças climáticas será utilizada uma nova geração de cenários regionais, derivados da regionalização do modelo global HadCM3 do Centro Hadley, usando uma nova versão do modelo regional Eta-CPTEC, com

resolução espacial de 40 km, para o período 2010-2100 e o cenário de emissão A1B, que é aproximadamente intermediário entre os cenários A2 e B2. Esta nova versão do modelo regional Eta-CPTEC considera mudanças nas concentrações de CO₂ até 2100. Maiores detalhes destes novos produtos, referidos como INPE-PNUD encontram-se em MARENGO et al. (2010) e CHOU et al. (2010).

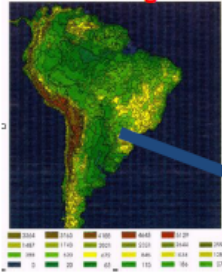
O esquema de regionalização (“downscaling”) dinâmica de cenários de mudanças do clima, usando modelos climáticos regionais é mostrado na Figura 23. Os produtos gerados pelo downscaling para a RMSP incluem variáveis como chuva e temperatura e estatísticas de extremos de chuva e temperatura já listados anteriormente.

Estratégia do Downscaling para mudanças de clima

Modelo Global UK Met Office- HadCM3

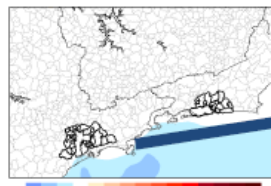


Modelo regional

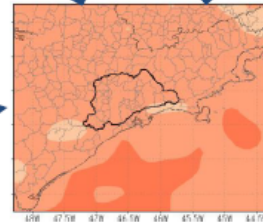


Eta CPTEC (40 km)

Sudeste do Brasil



RMSP



Mudanças climáticas e extremos
RMSP:
2030-40, 2050-60, 208-90

Clima e extremos
RMSP:
2030-40, 2050-60,
2080-90

Climatologia do
presente (1961-90).
Média e extremos

Cenário A1B IPCC,
período 2010-2100

Figura 23. Esquema de regionalização ("downscaling") dinâmica de cenários climáticos futuros para a RMSP.

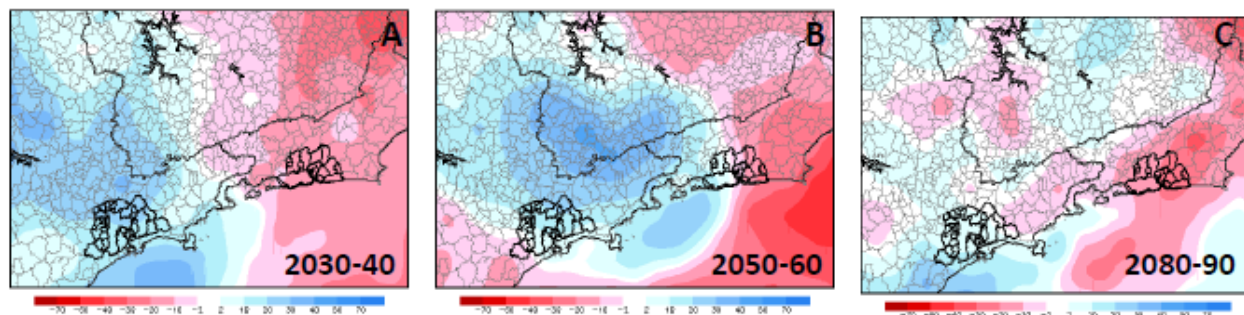
Cenários futuros do clima para o Sudeste do Brasil

A Figura 24 apresenta as mudanças de precipitação anual (%) e a temperatura média anual (°C) projetada pelo modelo regional Eta-CPTEC para os períodos 2010-30, 2040-50 e 2080-90, no cenário intermediário SRES A1B, em relação ao período referencial 1961-90. As regiões em destaque indicam a RMSP e a região metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ).

Os campos de temperatura média anual projetados no cenário A1B para este século indicam um aumento de 1 a 2° C em todo o domínio analisado para 2030-40, de 2-3° C para 2040-50 e de até 4° C para 2080-90. No que concerne às mudanças na precipitação, com a ressalva de que a incerteza é maior para estimativas de mudanças de precipitação, a Figura 25 indica uma redução de 20% na

precipitação na RMRJ e um aumento de 30% na RMSP, nos períodos de 2030-40 e 2050-60. Para 2080-90, a chuva começa a diminuir em todo o domínio de estudo, exceto um pequeno aumento na Região Oeste da RMSP (+10%) e reduções na Região Leste da RMSP (-10%) e até -30% na RMRJ.

Chuva anual (%)



Temperatura média anual (°C)

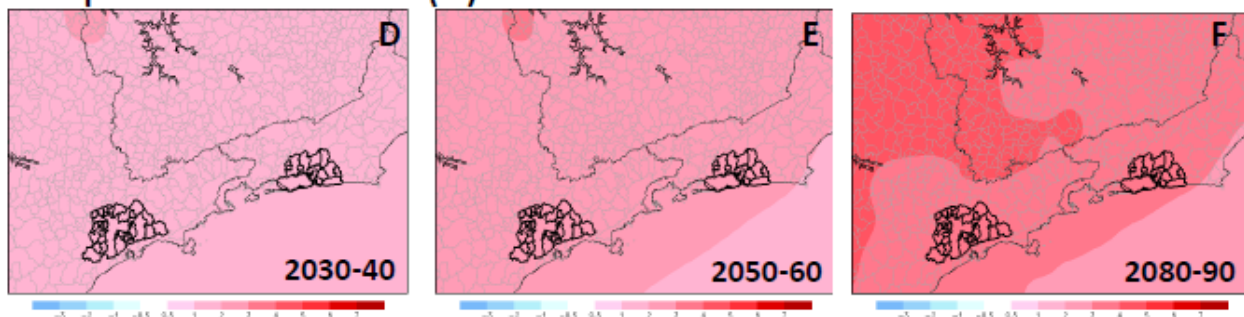


Figura 24: Anomalias de precipitação anual (%) (a, b, c) e temperatura média anual (°C) (d, e, f) projetadas pelo modelo regional climático Eta-CPTEC, para os períodos 2030-40, 2050-60 e 2080-90, em relação a 1961-1990, para o cenário de emissões intermediário SRES A1B. As áreas em destaque indicam a RMSP e RMRJ.

Na Figura 25 (a-l) são apresentadas as tendências dos extremos de precipitação. As figuras indicam aumento na frequência de extremos, particularmente na RMSP, e em parte na região Leste da RMRJ depois de 2050. Os períodos secos tendem a ser mais intensos depois de 2080, sugerindo que as chuvas mais intensas sejam de caráter isolado, concentradas em poucos dias e separadas por períodos secos consecutivos mais longos. No período de 2030-40, a tendência é de redução na intensidade dos períodos secos e de redução na frequência de dias com chuvas acima de 10 mm, enquanto os indicadores e extremos baseados em percentil ou total (R95, R5xday), sugerem pequenos aumentos nas chuvas intensas para o futuro.

Avaliando as projeções dos extremos de precipitação para a RMRJ, as projeções do modelo Eta-CPTEC e dos 3 modelos regionais HadRM3P, Eta CCS e RegCM3 para o final do século XXI, conclui-se que todos os modelos concordam com um

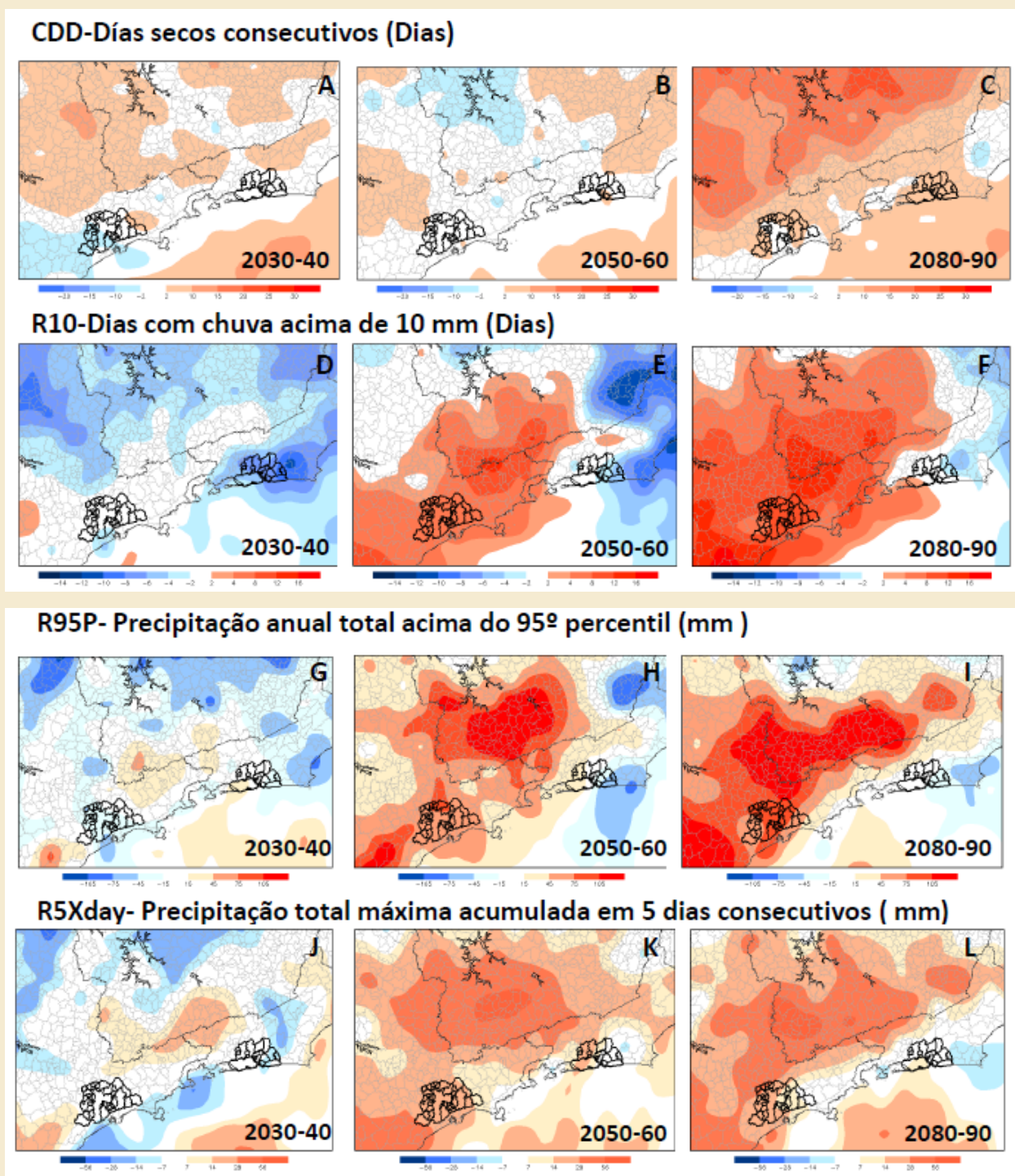


Figura 25: Tendências projetadas pelo modelo regional Eta-CPTec para os períodos 2030-40, 2050-60 e 208-90, relativos a 1961-90, para o cenário SRES A1B, para os índices extremos: CDD (a-c), R10mm (d-f), R95p (g-i) e RX5day (j-l). As áreas em destaque representam a RMSP e RMRJ.

aumento no número de dias secos consecutivos e uma redução no número de dias com precipitação acima de 10 mm, assim como com um aumento no máximo anual de precipitação acumulada em cinco dias consecutivos. Para a RMSP os resultados dos modelos divergem para os índices R10mm, R95p e Rx5day, mas concordam com uma pequena redução no número de dias secos consecutivos (CDD).

Estes resultados são consistentes com as projeções para 2080-99 dos modelos globais do IPCC AR4 apresentados por TEBALDI et al (2006). As tendências nos extremos de temperatura para o final do século na RMRJ, RMSP e adjacências são apresentadas na Figura 26. As projeções do modelo Eta-CPTEC sugerem aumento na frequência no número de dias e noites quentes, diminuição no número de dias e noites frias.

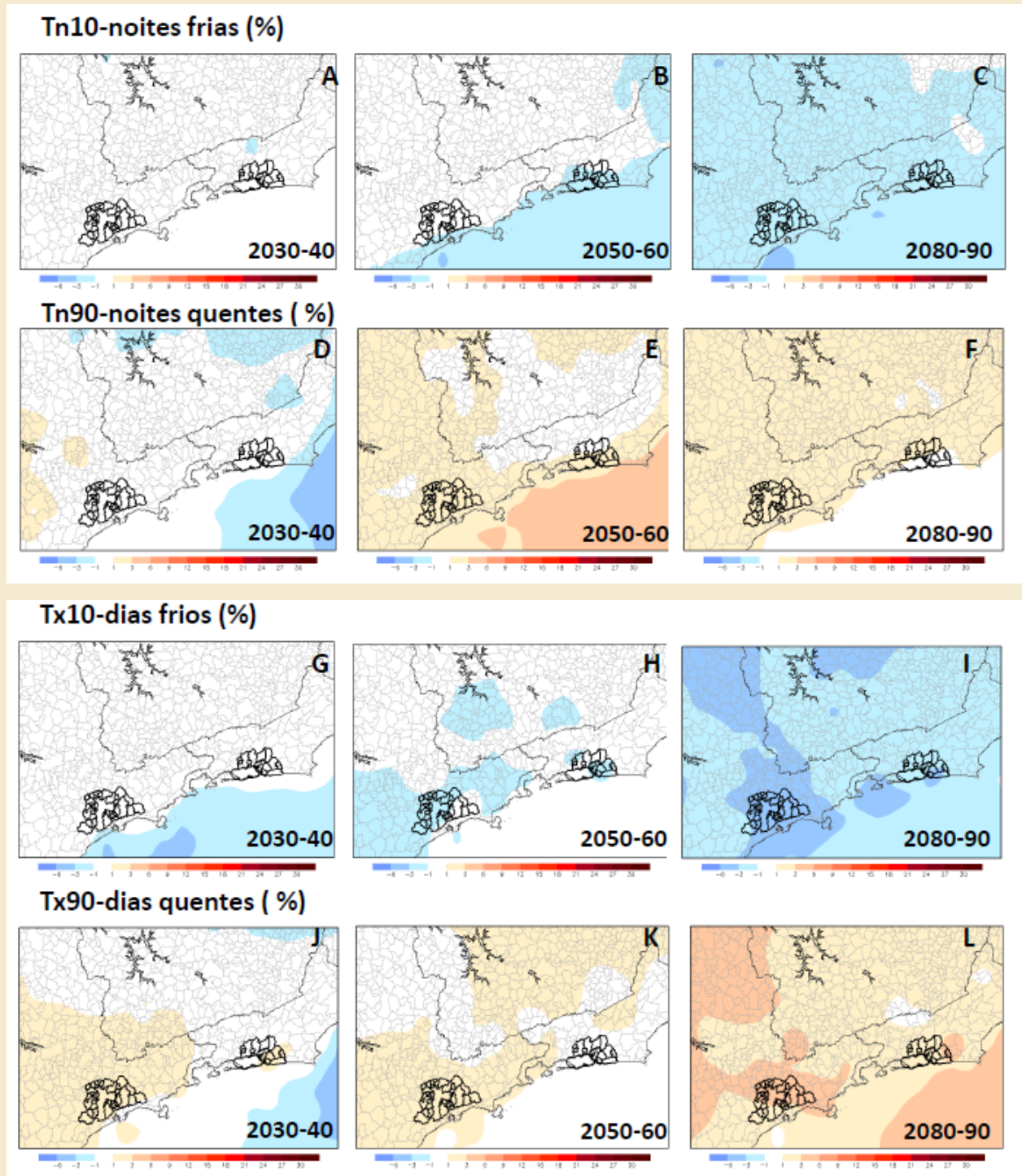


Figura 26: Idem, exceto para os índices TN90p (a-c), TN10p (d-f), TX10p (h-i) e TX90p (j-l).

Comparando as projeções do modelo Eta-CPTEC com aquelas geradas pelos modelos Eta CCS, HadRM3 e RegCM3 (Marengo et al 2009b), assim como as dos modelos globais do IPCC AR4 (Tebaldi et al 2006), observam-se divergências dos modelos regionais com relação à variável precipitação.

Essas incertezas ocorrem mesmo com os avanços científicos no entendimento dos diversos sistemas atmosféricos que atuam na América do Sul e no desenvolvimento dos modelos climáticos. A previsão e simulação de chuvas para o presente e as projeções de mudanças de chuva para o futuro, principalmente aquelas muito intensas ou extremas, continuam sendo um grande desafio em modelagem climática de modo geral, e para os meteorologistas, em particular.

Alguns processos físicos como a representação matemática da radiação, das nuvens convectivas, cumulo nimbo e nuvens do tipo estratiforme, e as representações das interações entre a vegetação e a baixa atmosfera, entre outros processos, ainda carecem de aprimoramentos. Embora o aperfeiçoamento dos modelos numéricos com o tempo tenha resultado em reduções substanciais nos erros de variáveis como o vento, temperatura e pressão atmosférica, as melhorias na previsão da precipitação têm sido mais modestas.

Em resumo, os resultados encontrados se referem a um clima mais quente que o atual na região em estudo, com altas temperaturas diurnas e noturnas e com chuvas intensas concentradas em períodos curtos.

Cabe destacar que as análises observacionais e de modelagem apresentadas neste capítulo representam uma primeira tentativa de identificar, de forma sistemática, mas qualitativa, as mais importantes e prováveis mudanças climáticas para a RMSP, sejam elas de origem local, como aquelas causadas pela urbanização e ilhas de calor, ou aquelas de escala maior, como o aquecimento global devido ao aumento antropogênico da concentração de GEE.

Cenários futuros de clima para a RMSP

Avaliando as projeções de clima futuro para a Região Metropolitana de São Paulo, mostradas na Figura 27, pode-se concluir que a RMSP, que já sofre todo verão com enchentes, pode sofrer um

aumento no número de dias com fortes chuvas até o final do século, assim com um aumento na frequência de noites quentes, dias quentes e possivelmente de ondas de calor. As projeções sugerem uma elevação na temperatura do ar de até 2° C em meados do século XXI e de até 4° C em finais do século XXI, para a região Sudeste, e um aumento nas chuvas que podem chegar a até 20%, 30% e até 50%, nos períodos de 2010-40, 2041-70 e 2071-2100 (MARENGO et al 2010). Este aumento nas chuvas seria na forma de aumento na frequência de extremos de chuvas intensas.

A Figura 27 sugere que o número de dias com chuvas acima de 20 milímetros na capital paulista pode aumentar em até 10 dias em 2050 ou em até 20 dias até 2100, ainda que saibamos que a incerteza nas projeções de precipitação (discutidas na seção anterior) não permita precisão nestas estimativas, isto é, devemos esperar maior frequência dias com chuvas acima destes limiares.

Durante os últimos 50-60 anos, a frequência de chuvas intensas acima de 20 mm e de noites e dias quentes tem aumentado gradativamente na RMSP, e as projeções climáticas derivadas do modelo Eta-CPTEC, sugerem que a frequência de noites quentes e, conseqüentemente, possivelmente de ondas de calor no futuro, assim como a de chuvas intensas acima de 20 mm, poderá aumentar radicalmente até meados e finais do século XXI, mesmo que a frequência de dias e noites frias diminua, sugerindo invernos mais quentes no futuro em comparação com o presente.

Projeções de mudanças de extremos de chuvas sugerem aumentos já em 2030-40, mesmo que as mudanças nos extremos de temperatura pareçam ser mais relevantes a partir de 2050. As mudanças mostradas na Figura 28, derivadas do modelo Eta-CPTEC, são consistentes com aquelas projetadas pelos modelos globais do IPCC AR4 (Tebaldi et al 2006), particularmente, para depois de 2050. É fundamental destacar que todas as projeções do clima futuro consideram somente o aumento na concentração de GEE e não o crescimento urbano ou mudanças do uso da terra.

Considerando as chuvas intensas acima de 30, 50, 80 e 100 mm que, no presente, contribuem para gerar enchentes urbanas e deslizamentos de encostas, a Figura 28 mostra as projeções destes índices derivadas pelo modelo Eta CPTEC até 2090. As projeções mostram aumento na frequência de dias com chuva superior a 30 mm no futuro, em relação ao presente (1961-90). O índice R30 sugere

aumentos maiores do que 5 dias na RMSP e áreas vizinhas continentais e próximas ao litoral. O índice R50 apenas mostra aumentos de 2-3 dias e os índices R80 e R100 chegam a 2 dias para o futuro, especialmente em médio e longo prazos. Estes aumentos são muito menores do que os aumentos observados em algumas estações de São Paulo no presente.

Na estação meteorológica do Mirante de Santana, o número de dias com chuva acima de 30 mm passou de 4,0 por ano na década de 1970 e de 5,3 por ano na década de 1990. Na estação meteorológica da Água Funda-USP IAG, a frequência de dias com chuva acima de 30 mm subiu de 11,6 por ano na

década de 1970 para 12,5 por na década de 1990. Similares variações foram observadas no número de dias com chuva acima de 50 mm (2,1 por ano, na década de 1970, para 3,2 por ano, na década de 1990) e 100 mm (0,1 por ano, na década de 1970, para 0,7 por ano, na década de 1990).

As tendências observadas já incorporam o efeito da ilha urbana de calor, que se acentuou com a aceleração da urbanização a partir dos anos 50. Aparentemente o efeito da urbanização no clima da RMSP apresenta uma magnitude significativamente maior do que outras forçantes de mudanças ou variações climáticas, sejam aquelas devidas ao aquecimento global antropogênico resultante

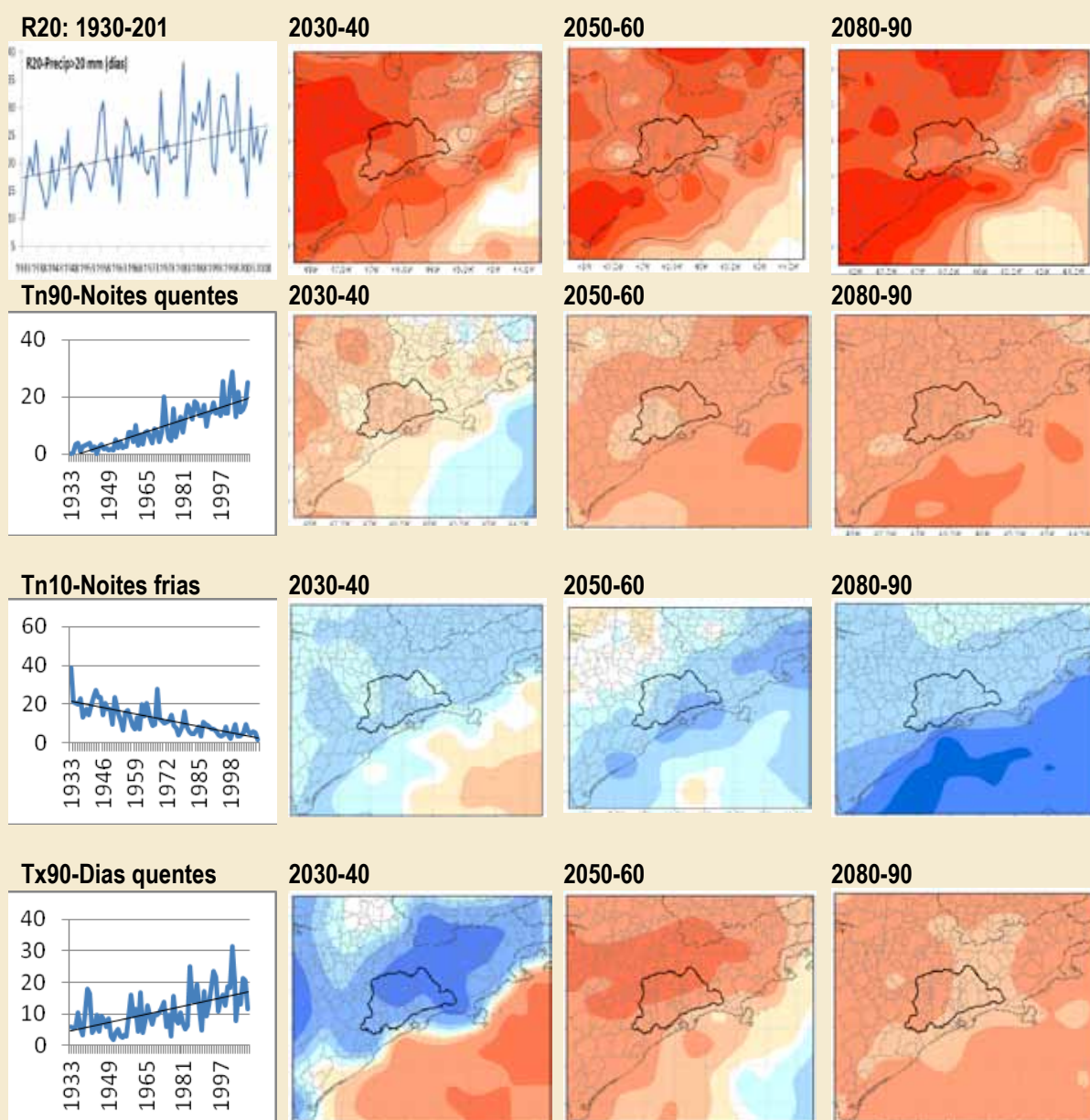


Figura 27: Tendências observadas (1930-2010) no número de dias com chuva acima de 20 mm (R20 dias), frequência de noites quentes Tn90 (%), noites frias tn10 (%) e dias quentes Tx90 (%) para a estação de Água Funda-USP IAG, RMSP [coluna à esquerda]. Colunas 2 a 4 apresentam as projeções de mudanças destes índices para 2030-40, 2050-60 e 2080-90 relativos a 1961-90 para a RMSP, produzidas pelo modelo Eta-CPTEC. Na coluna 5, escala de cores vermelho/azul mostra aumentos/reduções nestes índices para o futuro.

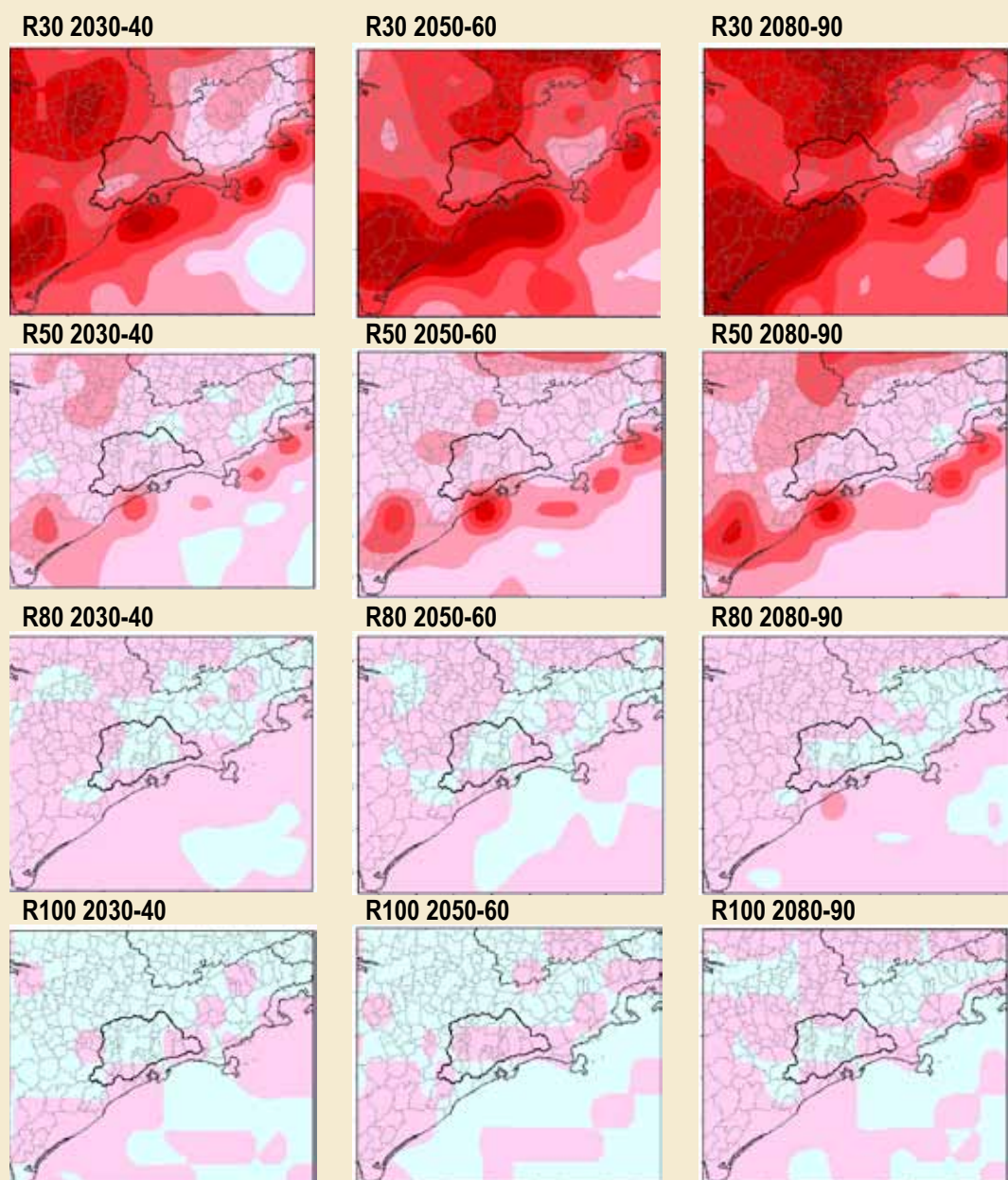


Figura 28: Tendências projetadas do número de dias com chuva acima de 30 mm (R30, dias), acima de 50 mm (R50, dias), acima de 80 mm (R80, dias) e acima de 100 mm (R100) para a estação de Água Funda-USP IAG. Projeções de mudanças destes índices são para 2030-40, 2050-60 e 2080-90 relativos a 1961-90 para a RMSR, produzidas pelo modelo Eta-CPTEC. Na coluna 4, escala de cores vermelho/azul mostra aumentos/reduções nestes índices para o futuro.

do aumento na concentração de GEE ou à variabilidade natural do clima.

Assim, as evidências científicas sugerem que o aquecimento global, derivado do aumento na concentração de GEE, tem influenciado no volume e nos extremos de chuva e temperatura na RMSR, durante as últimas décadas em menor grau que as alterações locais, particularmente a urbanização formando a ilha urbana de calor, além de mudanças no uso da terra em geral. Este efeito de urbanização não se encontra incorporado na geração atual das projeções climáticas para o futuro, o que obviamente representa grande

limitação das projeções climáticas para as próximas décadas, haja vista a mancha urbana que continua a se expandir.

Entre alguns aspectos da variabilidade natural do clima tem-se a variabilidade do Pacífico tropical associada aos fenômenos de El Niño e La Niña e a variabilidade decadal do Pacífico, representada pela PDO (Oscilação Decadal do Pacífico). O período anterior a 1975-76 foi uma fase relativamente fria da PDO, depois, entre 1976 até 2002, ocorreu uma fase mais quente (onde aconteceram os episódios El Niño intensos como em 1982-83 e 1997-98).

Após 2002, pode ter entrado a fase mais fria da PDO (KAYANO e ANDREOLI 2006). O Atlântico Sul tem também experimentado um aquecimento de aproximadamente 0,8-1,1° C/século, no período de 1901 a 2005, comparando com um aquecimento maior que 1,7-2,2° C/século no Sudeste do Brasil para áreas urbanas e não urbanas (IPCC 2007). Esse aquecimento observado é consequência da variabilidade natural do clima e de fatores antropogênicos, associados às mudanças do uso da terra, à ilha de calor urbana, à poluição e à liberação de GEE pelos veículos, indústria e atividades humanas. Temos que mencionar que as projeções com o modelo Eta-CPTEC ou os modelos globais do IPCC não consideram nem simulam o efeito da acentuada urbanização que causa a ilha urbana de calor.

A Figura 29 mostra uma comparação de projeções dos modelos do IPCC AR4 para o século XX, considerando as forçantes naturais e humanas (cor roxa) e as forçantes naturais somente (cor azul), comparando com as tendências decadais de aumento da temperatura observada no sul da América do Sul (SSA) (Hegerl et al. 2007). A separação entre as áreas em roxo e azul, depois da década de 1970, sugere que somente a forçante natural não pode explicar o aquecimento observado na região durante os últimos 30 anos. Isso sugere também uma contribuição dominante da atividade humana no aquecimento observado na região que pode ser ainda maior para a RMSP. Porém, é necessário considerar que a forçante humana colocada na figura não considera urbanização.

A Figura 29 pode, talvez, ser interpretada como uma comparação entre sinais simulados de aquecimento global (projeções do modelo Eta-CPTEC) com um sinal de aquecimento local (tendências observadas em Água Funda-USPIAG). Mesmo que não se possa atribuir com precisão causa e efeito, esta comparação entre observado e simulado é colocada para ressaltar os aspectos qualitativos.

Urbanização versus Gases de Efeito Estufa (GEE)

O Quadro 1 sumariza de forma qualitativa as projeções climáticas derivadas do modelo regional Eta-CPTEC 40 km para a RMSP em vários horizontes temporais futuros. Estas projeções são baseadas exclusivamente na forçante de aumento

na concentração de GEE. A tabela mostra, na coluna da esquerda, indicadores qualitativos das tendências dos extremos climáticos observados no clima presente, para o período referencial de 1961-90. Nota-se que as tendências observadas para a RMSP mostram, intrinsecamente, os efeitos das ilhas urbanas de calor e crescimento da mancha urbana. As Figuras 24-28 mostram as magnitudes das mudanças na temperatura, chuva e extremos até 2050, projetadas pelo modelo regional Eta-CPTEC, para RMSP. Vários estudos (Dufek e Ambrizzi 2007, Haylock et al 2006, Marengo 2007, Obregón e Marengo 2007, Marengo et al 2009 a, c) têm detectado tendências nos extremos de chuva e de temperatura na América do Sul. Outros (Tebaldi et al 2006, Marengo et al. 2009 a, b) avaliam as tendências de extremos simuladas para o século XX pelos modelos do IPCC AR4 e pelos modelos regionais, sendo as magnitudes das mudanças de temperatura, chuva e extremos, consistentes com as mostrada neste documento.

As simulações do clima presente, em geral, não apresentam o efeito da ilha urbana de calor e, assim como as projeções futuras, incluem somente o aquecimento global gerado pelo aumento na concentração de GEE.

No Quadro 1, os indicadores de mudanças do clima na RMSP são definidos qualitativamente até 2050, indicando também a confiabilidade das projeções. Os índices extremos relacionados diretamente com a variável temperatura apresentam uma alta confiabilidade, pois todos os modelos conseguem projetar as mesmas tendências (sem considerar as magnitudes). No entanto, a confiabilidade dos modelos em projetar as tendências nos índices extremos relacionados à precipitação é de baixa a média, indicando que as tendências projetadas pelos modelos podem mostrar diferenças entre si.

Considerando-se uma situação em que não houvesse aquecimento global gerado pelo aumento na concentração de GEE, mas somente o efeito da urbanização, poder-se-ia então perguntar o que esperar das mudanças climáticas (aumento da temperatura, das chuvas intensas, etc.) na RMSP até 2050. Segundo as Figuras 5-6 (capítulo 3), a temperatura média mudou cerca de 2,1° C desde 1936 até 2005, na estação de Água Funda-USP IAG.

Entre 1933 a 2009, a temperatura mínima média aumentou 3,0° C na mesma estação, sendo a média de 18,5° C. Os índices de noites cálidas

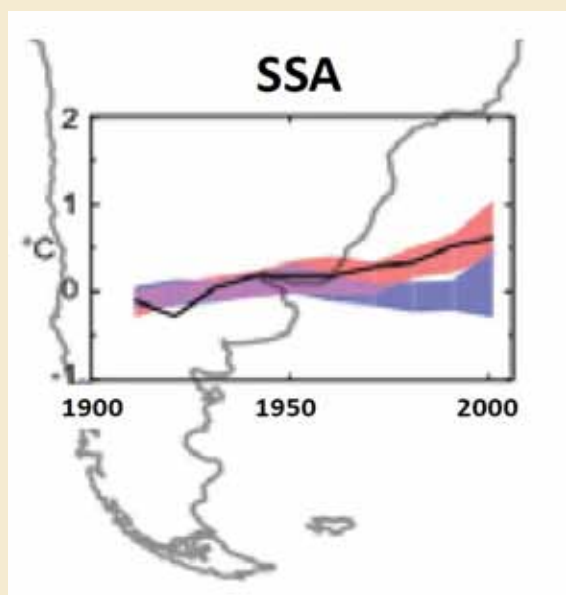


Figura 29: Mudanças na temperatura do ar no Sul da América do Sul para o século XX, relativa à média de 1905-2005. A linha preta mostra as mudanças observadas na temperatura. A faixa em roxo representa as simulações dos modelos climáticos do IPCC AR4 que consideram fatores naturais e antropogênicos (somente o aumento observado da concentração de GEE), a área em azul representa as simulações com os modelos climáticos que consideram unicamente as forçantes naturais. (Hegerl et al 2007)

têm aumentado em 7,6 dias /década (média de 31 dias) e os de noites frias têm diminuído em 5,4 dias/década (média de 38 dias). Como esta estação reflete uma grande influência da urbanização da cidade de SP, pode-se considerar este aumento como consequência da urbanização e do crescimento da mancha urbana.

O aumento da temperatura mínima é próximo ao aumento de 3,5° C proposto por Freitas et al (2007) para a RMSR, onde a vegetação natural foi substituída pela cidade num experimento numérico usando modelos regionais de clima. Mourão (2010) mostrou aumentos na temperatura de 1 a 2° C e aumentos de chuva em torno a 6 mm/dia na RMSR entre as simulações com a inclusão do tipo urbano e a simulação controle (sem o tipo urbano). A brisa teve uma variação de 1 a 2m/s maior na simulação com urbanização.

Para a temperatura, como se trata principalmente de fluxos verticais, um aumento linear pode ser observado à medida que o projeto de urbanização se expande. Porém, isto valeria para áreas novas tornando-se urbanas, isto é, concreto e asfalto substituindo vegetação. Mas, analisando-se somente os dados de uma estação (ex., Água Funda-IAG USP) observa-se que a tendência de aumento somente do fator de urbanização deveria, a princípio, ir gradualmente diminuindo, uma vez que a área considerada e seu entorno por mais de 10 a 20 km, também já está urbanizada. Assim, utiliza-se a taxa de aumento da temperatura por década para identificar a tendência, como mostrado na Figura 30.

Usa-se uma regressão linear para projetar as temperaturas média, máxima e mínima por década, até 2040-50. Pode-se observar que a temperatura mínima aumenta 0,3° C/década até 2050, a média aumenta 0,3° C/década e a máxima 0,1° C/década. O sinal do aquecimento global se soma. Como referência, pode-se mencionar que o aumento observado na temperatura mínima média desde 1933 até 2009 é de 0,29° C/década e a máxima e média aumentam 0,20 e 0,31° C/década, respectivamente (Figura 30).

Para a precipitação é muito mais complicado, pois o aumento da chuva não é algo que se soma linearmente com a área urbanizada, mas deve ser resultado de complexos processos de interação da mancha urbana (ilha urbana de calor) com as circulações de meso e grande escala, responsáveis pela precipitação.

De forma qualitativa e considerando-se que as

condições futuras de vulnerabilidade se manterão exatamente como as de hoje, pode-se talvez comentar o grau de vulnerabilidade de áreas da RMSP, levando-se em conta somente as projeções de mudanças climáticas. Até o ano de 2050, a intensidade das mudanças do clima e extremos

urbanizadas e a vulnerabilidade poderá acrescentar, mais por força da mudança do uso da terra do que pelo aumento da frequência e severidade dos eventos de chuva. A isso podem somar-se os efeitos derivados de aumento das

	Presente Observado	2030-40	Conf.	2050-60	Conf.	2080-90	Conf.
Temperatura	↗	↗	Alta	↗	Alta	↗	Alta
Noites quentes	↗	↗	Alta	↗	Alta	↗	Alta
Noites frias	↘	↘	Alta	↘	Alta	↘	Alta
Dias quentes	↗	↗	Alta	↗	Alta	↗	Alta
Dias frios	↘	↘	Média	↘	Alta	↘	Alta
Períodos quentes	↗	↗	Média	↗	Média	↗	Alta
Ondas de calor	↗	↗	Média	↗	Média	↗	Alta
Chuva total	↗	↗	Alta	↗	Alta	↗	Alta
Chuva intensa	↗	↗	Média	↗	Média	↗	Alta
Precipitação > 95 percentil	↗	↗	Média	↗	Média	↗	Alta
Dias com Precipitação > 10mm	↗	↗	Média	↗	Média	↗	Alta
Dias com Precipitação > 20mm	↗	↗	Média	↗	Média	↗	Média
Dias secos consecutivos	↘	↘	Média	↗	Média	↘	Alta

Quadro 1: Sumário das projeções climáticas derivadas do modelo regional Eta-CPTEC 40 km para a RMSP, cenário A1B. A confiabilidade é definida qualitativamente, baseando-se na consistência entre as tendências das mudanças projetadas pelo modelo Eta CPTEC e pelos modelos globais do IPCC AR4 apresentados por Tebaldi et al (2006) e Vera et al (2006), para o cenário A1B e pelos cenários climáticos futuros produzidos por modelos regionais para o Sudeste do Brasil (Marengo et al. 2009 a, b). A análise para o presente é baseada nos estudos observacionais que cobrem períodos que variam entre 1960 e 2005 (Dufek e Ambrizzi 2007, Haylock et al 2006, Marengo 2007, Obregón e Marengo 2007, Marengo et al (2009a, c).

parece ser maior devido ao crescimento da mancha urbana e da urbanização comparada com o aumento na concentração de GEE.

O Quadro 2 mostra uma avaliação qualitativa de possíveis impactos das mudanças de extremos de chuva na RMSP, como consequência de um aumento na frequência de chuvas de 30mm/dia até 2030-2050. Estas avaliações de vulnerabilidade consideram as forças de aumento na concentração de GEE e do efeito de urbanização, mesmo que seja difícil discriminar quantitativamente estes dois fatores. É necessário mencionar que o impacto é mais devido ao aumento da frequência e severidade dos eventos de chuva do que pela mudança do uso da terra ou de construções em áreas vulneráveis aos extremos de chuva ou enchentes.

Certamente, no caso das inundações das extensas planícies, estas já se encontrarão

temperaturas do ar, de noites quentes e de ondas de calor.

As consequências das mudanças climáticas para áreas urbanas dependerão de vários fatores, incluindo a vulnerabilidade e a resiliência das populações. Cidades como São Paulo são altamente vulneráveis a desastres naturais, por exemplo, em relação aos grandes sistemas de abastecimento de água, geração e transporte de energia, transportes e saúde, que podem sofrer repentinos e até grandes incidentes. Para a RMSP o principal aumento do risco que irá advir das mudanças climáticas será o aumento no número e intensidade de eventos extremos de chuva e de temperatura.

Alterações do ambiente por práticas que desconsideram as especificidades dos processos físicos têm contribuído fortemente para que o número de desastres aumente sistematicamente, mesmo que nem sempre isso seja acompanhado de incremento na frequência dos eventos indutores (ex. chuvas intensas). Tampouco a deflagração de calamidades está condicionada, necessariamente, aos eventos excepcionais mesmo que estas ocorrências

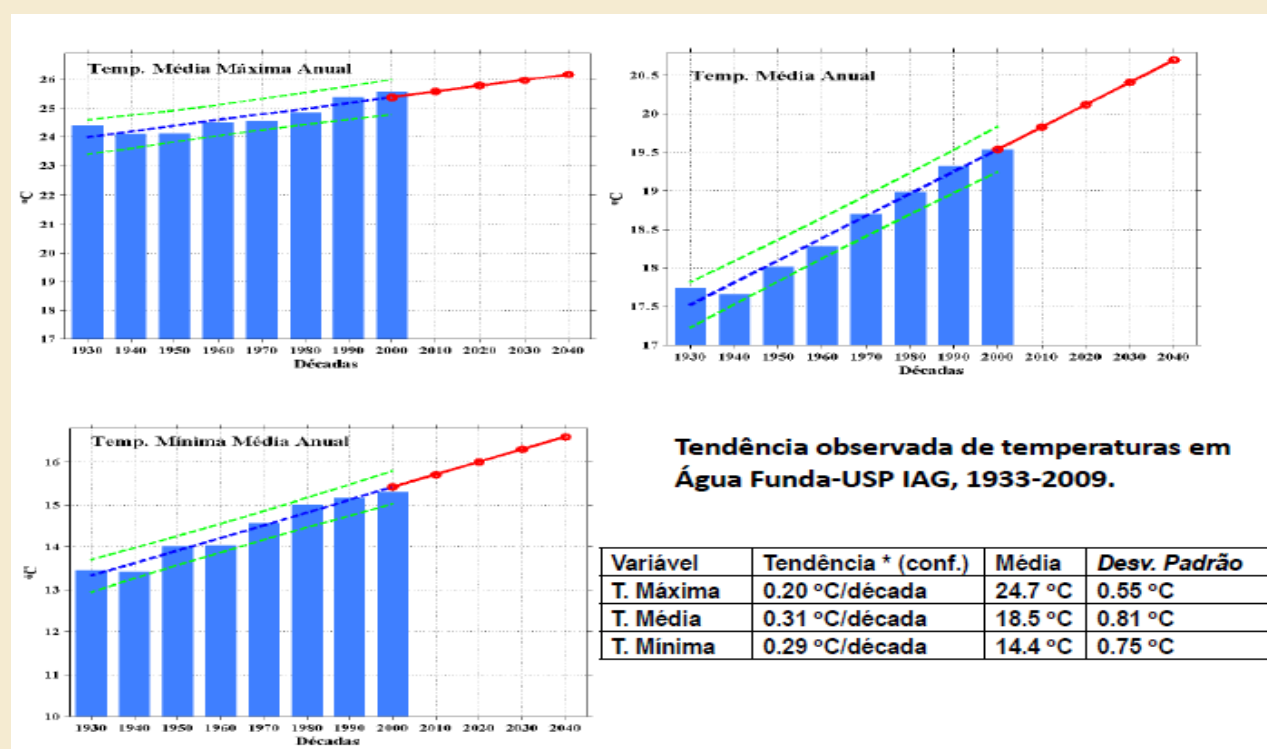


Figura 30: Aumento observado por décadas das temperaturas média, máxima e mínima na estação de Água Funda-IAG USP, durante 1933-2009. A tendência linear é mostrada pela linha azul e as linhas verdes paralelas apresentam os intervalos de confiança, considerando-se o desvio padrão. Projeções até 2050 são mostradas pela linha vermelha, assumindo uma taxa de crescimento linear.

apresentem maior potencial para engendrar grandes tragédias. Nunes (2009) sugere que o enfrentamento de qualquer problema requer sua compreensão, de modo a propor soluções que sejam realmente eficientes.

É preciso ter em mente que muitos processos físicos que contribuem para a geração de desastres em nível local são frutos de processos atmosféricos regionais ou de grande escala. A desarticulação socioambiental na escala do lugar pode ter a contribuição de padrões externos e alheios às características do meio e às práticas sociais. Consequentemente, os desastres naturais, tanto em suas componentes físicas como sociais, têm características multiescalares.

Na RMS, a temática de riscos e desastres, assim como a de eventos extremos do clima, precisa comparecer como ponto central nas discussões relevantes à adaptação às mudanças do clima em megacidades e qualquer plano ou projeto só terá êxito se envolver diretamente as comunidades vulneráveis e em risco. Um aumento na severidade e frequência dos eventos pluviométricos, por conta das mudanças climáticas, deverá levar os tomadores de

decisões a melhorar as condições de qualidade habitacional das pessoas que moram em áreas de risco.

Cenários de risco	Condição da severidade meteorológica (chuvas extremas)	Vulnerabilidade (baseada só em fatores climáticos)
Cenário de risco (a)		
Inundações nas várzeas dos rios	↗	Alta
Inundações nas vias públicas	↗	Alta
Exposição a doenças veiculação hídrica	↗	Alta
Danos para o transito de veículos	↗	Alta
Perdas econômicas decorrentes de congestionamento	↗	Alta
Cenário de risco (b)		
Escorregamentos em encostas ocupadas por assentamentos precários	↗	Alta
Riscos de enchentes	↗	Alta
Riscos de deslizamentos em áreas ocupadas	↗	Alta
Riscos de deslizamentos em áreas ainda não ocupadas	↗	Alta

Quadro 2: Avaliação qualitativa de possíveis impactos das mudanças de extremos de chuva na RMS, como consequência do aumento na frequência de extremos de chuva acima de 30mm/dia até o horizonte temporal de 2030-50. Mostram-se os possíveis impactos (em termos de maiores ou menores) e ponderações sobre o grau de vulnerabilidade.

capítulo 6

Cenários de risco e vulnerabilidades associadas a enchentes e inundações na Região Metropolitana de São Paulo

As mudanças climáticas de origem global (ex., aquecimento global) ou local (ex., efeito de ilha urbana de calor), ao exacerbarem a variabilidade natural, adicionando grau de imprevisibilidade às condições do tempo e clima, por exemplo, com chuvas cada vez mais intensas e tempestades mais frequentes, traduzem-se em acidentes e desastres naturais. Enchentes, inundações e escorregamentos de massa se tornaram mais comuns e a presença de extensas áreas urbanas com ocupações vulneráveis intensificaram seus efeitos.

Localmente, esta intensificação sob o ponto de vista climático ocorre porque a substituição da vegetação por estruturas de concreto, asfalto, etc., implica numa maior retenção de calor à superfície, aumentando a temperatura de determinadas áreas da RMSP.

Climatologicamente a região se classifica como tropical sub-úmida (ver apêndice 2), com boa definição dos regimes pluviométricos. Tomando-se por base o “Atlas Pluviométrico do Estado de São Paulo” (DAEE, 1972), verifica-se que a pluviosidade total anual média está compreendida entre 1.300 e 1.400 mm; a estação chuvosa (de outubro a março) tem um índice médio em torno de 1.000 mm e a estação seca (de abril a setembro), um índice de cerca de 300 mm (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

As enchentes que acontecem na RMSP atingem a população, as indústrias e o comércio, provocando prejuízos incalculáveis do ponto de vista econômico e social. A RMSP está situada sobre um planalto e é uma das áreas mais densamente ocupadas do país.

A Unidade Planalto Paulistano - Bacia Hidrográfica do Alto Tietê abrange as porções médias e altas da bacia do rio Tietê, e caracteriza-se por apresentar formas de relevo decorrentes de erosão, com morros médios e altos de topos convexos. A altimetria está compreendida entre 800 e 1100 metros, com

declividades das vertentes entre 10 e 20% e a rede de drenagem varia de média a alta com vales entalhados (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

Quanto à Unidade Planalto de São Paulo (trecho baixo da bacia), suas formas de relevo também são erosivas, apresentando modelagem de colinas e de patamares aplanados. A altimetria geral varia entre 700 e 800 metros, destacando-se as colinas cujos espigões atingem de 800 a 850 metros, tendo declividades compreendidas entre 20 e 30%. As planícies fluviais estão altimetricamente situadas entre as cotas 720 e 740 (DAEE, 2009). Ambas as Unidades acima citadas, por suas características morfológicas, apresentam fortes atividades erosivas com incidência, principalmente na área do Planalto Paulistano-Alto Tietê, de movimentos de massa e erosão linear (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

Agravando ainda mais tal tendência erosiva natural da região, tem-se a ação do extensivo processo de ocupação urbana, que além de destruir a cobertura vegetal de proteção superficial, remove os horizontes superiores dos solos e expõe aos processos erosivos os horizontes inferiores, mais desagregáveis e, portanto, grandes geradores de sedimentos que continuamente assoreiam os cursos d'água (DAEE, 2009).

Como visto anteriormente, a ocupação urbana da região ocorreu de forma bastante acentuada a partir de meados do século XX. O processo de urbanização trouxe como consequência a supressão da vegetação, a impermeabilização do solo, a retificação dos rios, a ocupação intensiva das várzeas, a contaminação do solo, a poluição de cursos d'água e do ar, a formação do fenômeno ilha de calor, ou seja, uma alteração profunda de todo o sistema natural.

A prática de canalizações de rios e córregos, muitas vezes de forma radical, alterando o comportamento e o regime natural dos rios, intensifica a energia de escoamento superficial das águas. Em alguns casos, essas canalizações resolveram temporariamente o problema. Porém, a RMSP continuou crescendo sem o devido planejamento, exigindo cada vez mais medidas para disciplinar a drenagem urbana e conter as cheias (DAEE, 2009).

Os prejuízos provocados pelas enchentes e inundações verificadas principalmente no período

das chuvas - outubro a março - são inestimáveis quando consideramos todas as interfaces envolvidas. Cortando a cidade de São Paulo, o rio Tietê é um dos mais afetados e tem merecido especial atenção.

Há tempos a cidade de São Paulo sofre com as inundações provocadas pelo transbordamento do rio Tietê, que ocorre por ocasião das grandes chuvas, por não dar vazão à grande quantidade de água que chega à sua calha. Esses eventos acarretam grandes prejuízos materiais, paralisação do tráfego das vias marginais, refletindo diretamente na economia regional, além de colocar em risco a saúde da população (DAEE, 2009).

Além dos prejuízos e transtornos sofridos pelas pessoas diretamente atingidas (ex.: acidentes; doenças transmitidas por contaminação hídrica como hepatite A e leptospirose; destruição de bens como residências, mobiliário, veículos e documentos; perdas e danos ao patrimônio público e privado, etc.), as enchentes no rio Tietê acabam produzindo efeitos mais amplos que ultrapassam os limites da região, repercutindo em setores da economia do estado e do país (DAEE, 2009).

As vias marginais dos rios Pinheiros e Tietê constituem-se em importantes caminhos do sistema viário metropolitano interligando as regiões Norte e Sul do país pelas rodovias Presidente Dutra, Ayrton Senna, Fernão Dias, Bandeirantes, Anhanguera, Castelo Branco, Raposo Tavares, Régis Bittencourt, Imigrantes e Anchieta, e servindo de acesso aos aeroportos de Congonhas e Cumbica e ao porto de Santos, um dos mais importantes do país (BÓGUS e TASCHNER, 2009). A interrupção dessas principais artérias provoca a paralisação do transporte, abastecimento e escoamento de produtos vitais para a economia interna e externa do país (DAEE, 2009).

A bacia do Alto Tietê, a montante da barragem Edgard de Souza, com uma área de drenagem da ordem de 3.200 km² (excluindo-se a área da bacia do rio Pinheiros), constitui-se um dos exemplos mais notáveis em termos de impacto causado por ação antrópica, particularmente no comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica (DAEE, 2009).

Ao longo dos anos, a cobertura vegetal foi dando lugar a uma extensa malha urbana, implantada de forma caótica ao longo dos fundos de vale

dos seus principais cursos d'água, como os próprios rios Tietê, o Tamanduateí, Pinheiros e, mais recentemente, de diversos tributários menores, como Aricanduva, Cabuçu de Cima e de Baixo, Pirajuçara e outros (ROSS, 2004).

O rio Tamanduateí nasce no município de Mauá e drena grande parte da região do ABC, corta a região central da cidade de São Paulo, e deságua no rio Tietê, em frente ao Parque Anhembi, sendo o principal canal de drenagem de toda esta região (DAEE, 2009).

A região central de São Paulo cortada pelo rio Tamanduateí abrange cerca de 3,5 milhões de pessoas, principalmente moradores dos seguintes bairros: Bom Retiro, Ponte Grande, Ponte Pequena, Canindé, Luz, Brás, Glicério, Liberdade, Moóca, Cambuci, Vila Monumento, Ipiranga, Parque da Moóca, Vila Independência, Quinta da Paineira, Vila Prudente, Vila Zelina, Vila Alois, Vila Bela, Vila Carioca, B. da Fundação, Vila Alpina, B. Santo Antonio, Vila California e Vila Prosperidade. Nessa região inclui-se a Baixada do Glicério, a zona cerealista e a atual sede da Prefeitura de São Paulo (DAEE, 2009).

O rio Tamanduateí funciona como uma grande galeria de águas pluviais, com variações bruscas em seu nível d'água, devido às precipitações pluviométricas que ocorrem com maior incidência no período de outubro a março (DAEE, 2009).

O rio possui um trecho canalizado de 16,3 km de extensão entre sua foz no rio Tietê e a foz do córrego Oratório, afluente da margem direita que marca a divisa dos municípios de São Paulo e Santo André (DAEE, 2009).

Desde 1988, fazem parte do complexo do Tamanduateí a construção de uma foz e o canal (700 metros) do ribeirão dos Meninos (afluente da margem esquerda), que marca a divisa dos municípios de São Paulo e São Caetano do Sul (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

O rio Aricanduva, afluente da margem esquerda do rio Tietê, tem sua bacia localizada no setor leste - sudeste da cidade de São Paulo. Com uma área de drenagem de cerca de 100 km², tem suas nascentes próximas da cidade de Mauá, adjacentes ao divisor norte das cabeceiras do rio Tamanduateí (DAEE, 2009).

A área da bacia do rio Aricanduva pertence integralmente ao município de São Paulo,

compreendendo total ou parcialmente os distritos de Penha, Tatuapé, Carrão, Vila Matilde, Aricanduva, Vila Formosa, Cidade Líder, Parque do Carmo, José Bonifácio, Sapopemba, São Mateus, Iguatemi, São Rafael, totalizando uma população de cerca de 1,5 milhões de habitantes (DAEE, 2009).

A bacia apresenta uma densidade demográfica de 114,4 hab./ha, constituindo uma das maiores do município de São Paulo. A densidade demográfica elevada explica o alto grau de impermeabilização da bacia (DAEE, 2009).

Em geral, a atividade econômica observada na bacia do rio Aricanduva está vinculada à atividade industrial de transformação com um perfil populacional de baixa renda. Na bacia pode-se observar a existência de um total de 661 estabelecimentos que oferecem 204.261 empregos (DAEE, 2009).

As regiões mais populosas da bacia do rio Aricanduva, como São Mateus e Itaquera, oferecem proporcionalmente menor número de empregos, caracterizando uma situação em que as oportunidades de trabalho não são oferecidas onde há maior demanda por postos de trabalho (DAEE, 2009).

O inverso ocorre na Moóca, onde a presença de indústrias faz com que haja maior oferta de empregos do que população local. Isto implica em numerosos deslocamentos e, conseqüentemente, impactos sobre o sistema viário da bacia. A bacia conta com infraestrutura viária e de transportes (metrô e linhas de ônibus), sendo que o Anel Viário Metropolitano constitui um fator de incremento no processo de ocupação (DAEE, 2009).

Para agravar ainda mais as condições ambientais da bacia, muitos desses cursos d'água passaram a servir como meio de diluição de águas servidas domésticas e industriais. Este fato, aliado a uma disposição inadequada dos resíduos sólidos urbanos, tem trazido conseqüências graves durante os eventos de cheia.

Para realizar análises sobre os riscos de enchente na RMSP e identificar as áreas mais vulneráveis foi aplicado o Modelo HAND (Height Above the Nearest Drainage) (NOBRE et al., 2011), a partir do Modelo Digital do Terreno (MDT), que contém informações sobre a topografia da região. O MDT foi fornecido pelo Centro de Estudos da Metrópole (CEM).

O modelo HAND (Figura 31) registra a altura acima da drenagem mais próxima e, portanto, através de sua aplicação é possível identificar os terraços mais planos que provavelmente estariam sujeitos a enchentes e inundação nos períodos de cheia (em virtude do acúmulo de água das chuvas) (RENNO et al, 2008).

Este modelo nivela todos os cursos d'água no nível zero e re-mapeia todos os demais pontos da topografia de acordo com a distância vertical relativa (NOBRE et al., 2011) .

Desse modo, este modelo também registra as elevações mais acentuadas, ou seja, terrenos com declividade acima de 27% e 30% de inclinação, relativos à presença de morros e morrotes da RMSP.

Todas as confluências das linhas de drenagem do terreno são capturadas pelo modelo e a partir desse encontro de dois ou mais rios, córregos ou ribeirões, sabe-se onde a água deverá acumular. Não se trata de um modelo hidrológico propriamente dito, mas auxilia a interpretação do sistema de drenagem (linhas de drenagem, cursos d'água ou canais) a partir da interpretação das elevações (do terreno) registradas nos pixels do modelo.

A região onde essas alterações se fazem sentir mais intensamente, com notável índice de ocupação urbana, superior a 80%, corresponde ao trecho da bacia do rio Tietê entre as barragens da Penha e Edgard de Souza. O processo de urbanização, entretanto, já está desfigurando também o restante da bacia, avançando pelos tributários e ocupando também suas vertentes e cabeceiras (DAEE, 2009).

O trecho do rio Tietê que atravessa a cidade de São Paulo sofreu alterações em suas condições de escoamento. Em sua condição natural, o rio e seus tributários importantes, como os rios Tamanduateí e o Pinheiros, apresentavam morfologia caracterizada por meandros, o que indicava as baixíssimas declividades de seus talvegues e, portanto, dificuldades para o escoamento das ondas de cheia, criando grandes zonas de inundação, chamadas leitos maiores.

Na sequência de imagens apresentadas a seguir veremos com mais detalhes essas áreas da planície de inundação (DAEE, 2009).

Conforme mencionado anteriormente, na Figura 31 apresenta-se o modelo HAND, com as áreas suscetíveis a enchentes e inundações. As áreas em azul referem-se à identificação das

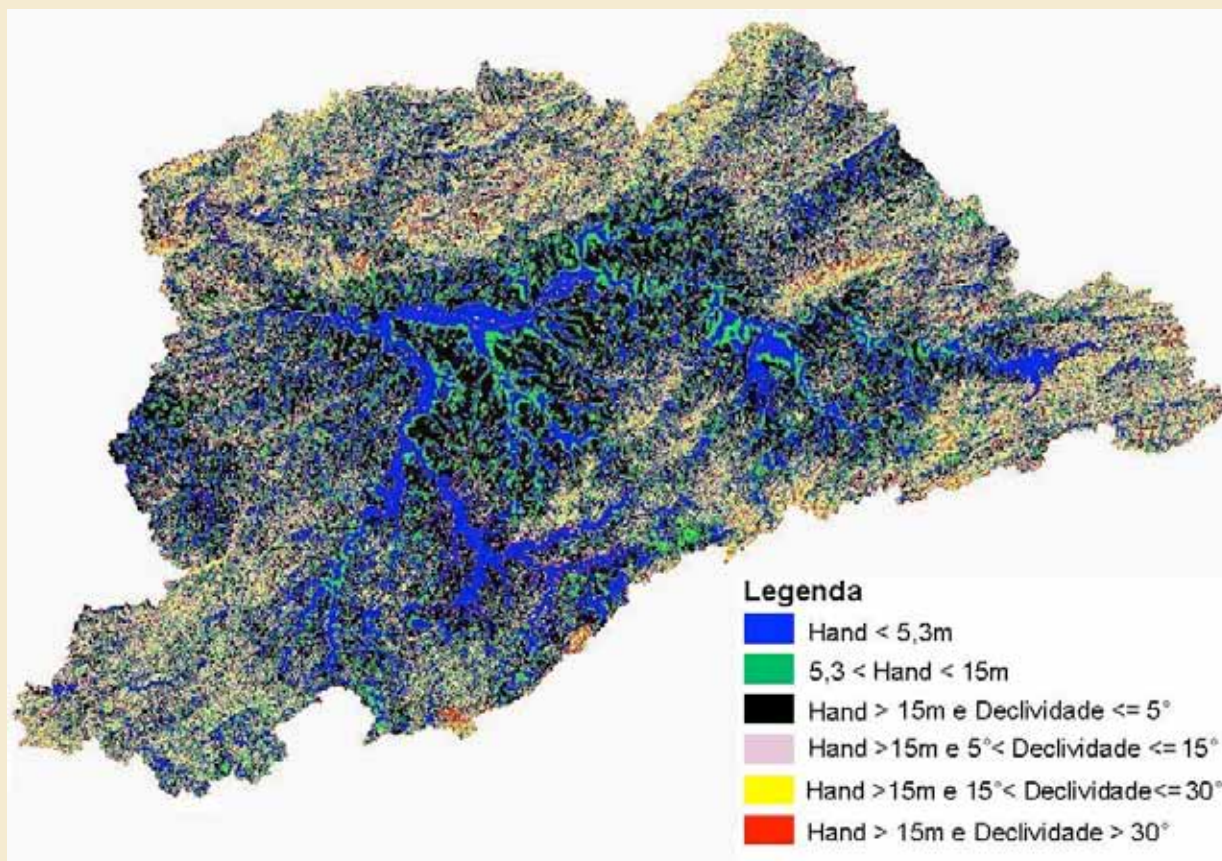


Figura 31: Modelo HAND (Height Above the Nearest Drainage)

localidades sujeitas a esses eventos (abaixo da cota HAND 5,3m). As áreas de topografia mais acidentada encontram-se classificadas nos intervalos acima de 15 e 30 graus.

Para facilitar a visualização das áreas da planície fluvial (suscetíveis a enchentes e inundações), a escala de cores do modelo HAND foi transformada em tons de cinza. Dessa maneira, as áreas mais baixas ou terraços mais planos (< 5,3m) passaram a se configurar como as áreas brancas registradas na Figura 32. Os terraços com declividade entre 15 e 30 graus se referem aos tons de cinza propriamente ditos e as

Pinheiros, Tamanduateí e Aricanduva.

Os pontos que se encontram nas áreas em diferentes tons de cinza se referem às localidades onde ocorrem fenômenos de “flash flood”, que seriam relativos a alagamentos repentinos em terrenos com declividade mais acentuada. Isso ocorre em virtude de uma série de fatores interconectados: devido à grande velocidade de escoamento e intensidade das águas da chuva pela superfície impermeabilizada; aos cortes inadequados realizados na topografia original; às obstruções em bocas de lobo e sistemas de drenagem urbana mal dimensionados.

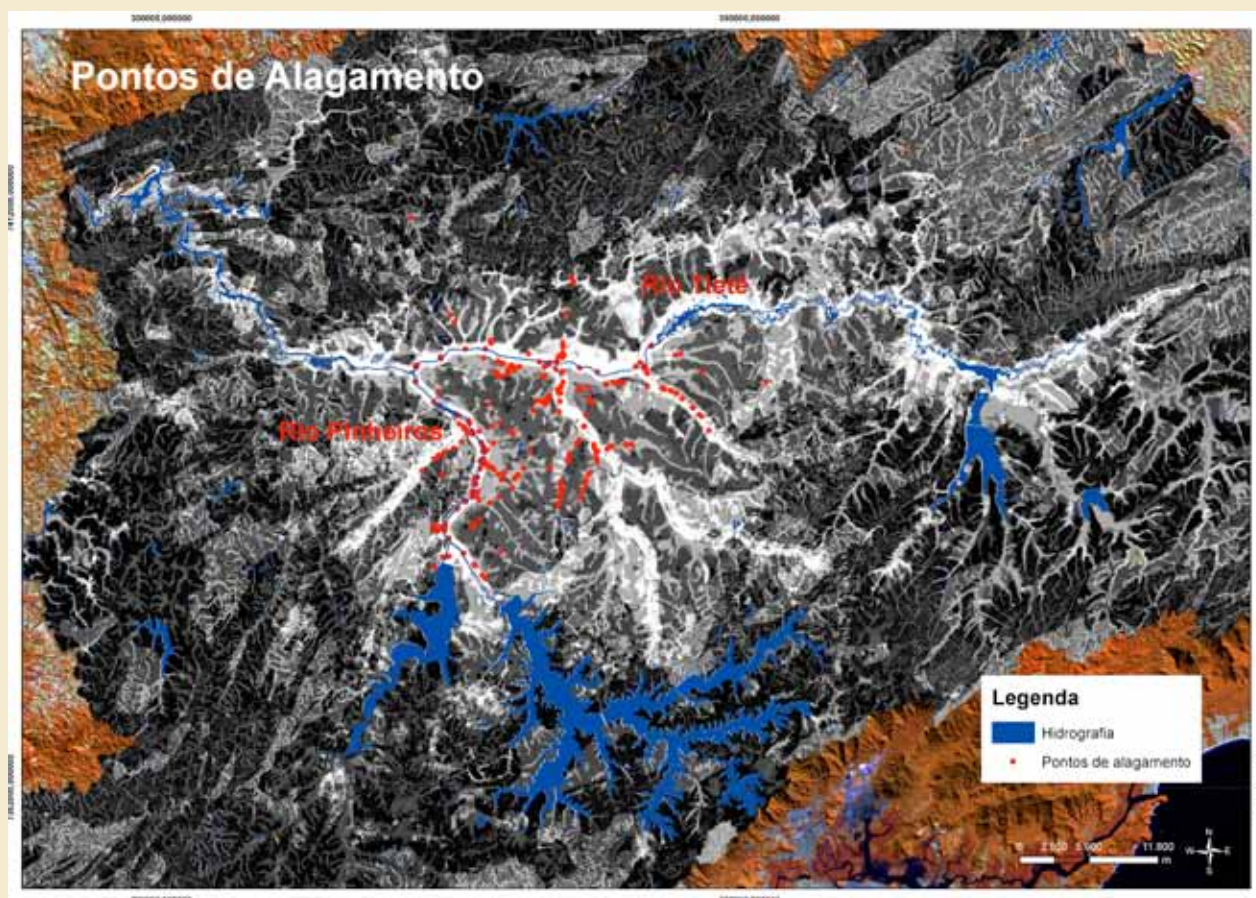


Figura 32: Zonas suscetíveis a enchentes e inundações na planície fluvial dos rios Tietê, Tamanduateí e Pinheiros e pontos de alagamento do CGE (Centro de Gerenciamento de Emergências)

localidades em preto se referem às declividades acima de 30 graus. Os pontos de alagamento do CGE (Centro de Gerenciamento de Emergências) foram sobrepostos ao modelo (pontos em vermelho) visando a integração de informações.

Podemos notar através da sobreposição dos pontos de alagamento do CGE sobre as áreas identificadas no modelo HAND, que a maioria desses pontos se encontra localizada nas áreas em branco, ou seja, nos terraços mais baixos da planície fluvial, principalmente dos rios Tietê,

Sucessivas retificações e canalizações foram realizadas para confinamento, restrição e compartimentação dos cursos dos rios. Isso possibilitou que a urbanização pudesse se aproximar cada vez mais dos canais dos rios. Em outros termos, a urbanização invadiu, através de construções lindeiras como as vias marginais e edificações, o denominado leito maior do rio, espaço que deveria ter sido preservado para as enchentes periódicas (DAEE, 2009).

Seus principais afluentes, quando englobados pela mancha urbana, também sofreram este tipo de alteração, principalmente em decorrência de obras executadas em seus leitos. A crescente urbanização da bacia fez com que as vazões de projeto dos canais do rio Tietê fossem cada vez maiores (DAEE, 2009).

Buscando a melhoria das condições de escoamento do rio, face à evolução destes fatores de ocupação e crescimento urbano, foram desenvolvidos e revisados, ao longo dos anos, diversos projetos hidráulicos. Apesar disso, os problemas se propagaram nas bacias dos rios Tamanduateí, Aricanduva, Ribeirão dos Meninos, Pirajussara, entre outros (DAEE, 2009).

Medidas de natureza não-estrutural como o planejamento e controle do uso do solo não foram sendo, porém, executadas em paralelo com as obras de engenharia, permitindo que ocorresse, principalmente nas últimas décadas, o aparecimento de novos cenários de risco e condições de vulnerabilidade aos processos de enchentes e inundações, principalmente nas áreas periurbanas.

Por causa principalmente da energia do escoamento das águas nesses processos de enchente, a vulnerabilidade, principalmente das ocupações ribeirinhas de padrão construtivo precário, é muito alta (Figura 33). Tais assentamentos precários ocupando taludes marginais dos cursos d'água em bairros paulistanos e municípios periféricos da RMSP constituem as áreas de risco de enchentes propriamente ditas.

Essas ocupações irregulares se expandiram nas últimas décadas em razão do déficit habitacional, das dificuldades de financiamento da casa própria pelas populações de baixa renda da RMSP e da falta de controle e fiscalização do poder público com relação ao uso e ocupação do solo. A perspectiva de incremento de eventos chuvosos intensos por conta das mudanças climáticas e a continuidade da



Figura 33: Cenário de risco associado a enchentes e inundações com alta energia de escoamento envolvendo assentamentos ribeirinhos de padrão construtivo precário.

Fonte: IPT, 2010

expansão urbana de baixa renda, caracterizada por assentamentos precários em terrenos marginais aos cursos d'água, tende a gerar condições de maior vulnerabilidade e aumento do potencial de ocorrência de acidentes envolvendo perdas materiais e principalmente vidas humanas.

O aumento da incidência de eventos intensos de chuva conjugado à expectativa de crescimento urbano nas áreas de cabeceira de drenagem; desmatamento de terrenos nas regiões periféricas; expansão das áreas impermeabilizadas; e consequente tendência de aumento da severidade dos processos de inundações das várzeas ocupadas, configura-se como uma situação de agravamento (intensificação) das condições de vulnerabilidade para as próximas décadas.

A tendência de aumento da frota de veículos em circulação na RMSP e a expansão das vias em áreas de várzea para atender esse aumento da demanda de tráfego tendem a aumentar o grau de veículos e pessoas expostas aos riscos de inundações aumentando assim o grau de vulnerabilidade associado a este cenário de risco.

Nesse sentido, a previsão de ocorrência de eventos pluviométricos cada vez mais intensos, mais frequentes e prolongados em decorrência de alterações climáticas observadas na RMSP faz com que se torne importante analisar os cenários de risco e as condições de vulnerabilidade atuais e as tendências futuras, considerando também a expansão urbana, a forma de desenvolvimento da urbanização e das práticas de uso e ocupação do solo na RMSP (conforme veremos no Capítulo 8).

13. Os primeiros estudos sobre o rio Tietê remontam a 1890 com os trabalhos da Comissão presidida por João Pereira Ferraz para a canalização do rio Tietê desde a Ponte Grande (atualmente Ponte das Bandeiras) até Osasco. Naquele período, a principal motivação para o desenvolvimento de projetos e de obras de retificação decorria, principalmente, da necessidade de saneamento em consequência de epidemias de febre amarela. Pouco depois, os projetos e obras passaram a visar à produção de energia elétrica e a contenção de cheias. Assim, vários projetos foram desenvolvidos: de João Fonseca Rodrigues (1922), de Saturnino de Brito (1925), de Lysandro P. da Silva (1950) e Convênio Hibrace (1968), ressaltando-se diversos estudos e projetos de ampliação da calha. Os estudos mais recentes sobre a capacidade de escoamento da calha do rio Tietê e a necessidade de sua ampliação, foi desenvolvido pela PROMON em 1986, denominado “Projeto de Ampliação da Calha do rio Tietê entre as Barragens da Penha e Edgard de Souza”, e referendado pelo CONSÓRCIO HIDROPLAN, dentro do “Plano Integrado de Aproveitamento e Controle dos Recursos Hídricos das Bacias Alto Tietê, Piracicaba e Baixada Santista” em 1995 (DAEE, 2009).

capítulo 7

Cenários de risco e vulnerabilidades associadas a deslizamentos

As áreas de risco de deslizamentos localizam-se principalmente em terrenos situados na borda da Bacia Sedimentar de São Paulo, em compartimentos geomorfológicos de rochas cristalinas da Morraria do Embu, que circundam a Bacia Sedimentar de São Paulo, a oeste, ao sul e a leste; e ao norte, no compartimento geomorfológico da Serrania de São Roque, de relevo mais montanhoso e cuja dinâmica de processos superficiais é bastante intensa (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

Essas áreas, que ocupam as encostas, concentram-se nas regiões representadas pelas manchas de expansão urbana mais recente (principalmente das últimas três décadas) e estão associadas à ocupação de terrenos geotecnicaamente mais suscetíveis a deslizamentos, localizadas nas regiões periféricas da Grande São Paulo.

Concentrações significativas de áreas de risco de escorregamentos ocorrem principalmente na Zona Sul do município de São Paulo, nas subprefeituras de Campo Limpo, Capão Redondo e Jardim Ângela. Na Zona Sul estão concentradas mais de 50% das favelas de São Paulo, sendo que apenas na subprefeitura de Campo Limpo estão situadas cerca de 25% das favelas de todo o município. Ocupam áreas vulneráveis do ponto de vista geológico-geotécnico, com relevos de alta declividade constituídos predominantemente por rochas ígneas como gnaisses e migmatitos. Têm sido comumente verificadas nessa região, a cada ano, ocorrências de acidentes de escorregamentos, resultantes da construção e ocupação precária aliadas às condições naturais desfavoráveis do meio físico (declividade acentuada dos terrenos, ausência de vegetação, solo exposto) (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

Nas outras regiões, as áreas de risco apresentam-se distribuídas na Zona Oeste na subprefeitura do Butantã; na Zona Norte, nas subprefeituras de Perus e Brasilândia; e na Zona Leste, nos bairros de

Sapopemba, São Mateus, Jardim Maringá, São Rafael e Itaquera (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

Ainda na Zona Norte, onde estão concentradas 327 favelas, em terrenos de alta declividade, outrora ocupados por vegetação típica da Serra da Cantareira, são verificadas também situações de risco de solapamentos, em favelas localizadas próximas aos córregos, como o Jardim Damasceno na região da Freguesia do Ó.

Diante da ocorrência de rochas granitóides na região norte do município de São Paulo, estão mapeadas favelas com risco de queda e atingimento de blocos (blocos e matacões de rocha, com superfície arredondada e formas sub-arredondadas de tamanhos variados, sendo comuns diâmetros que variam de 1 a 3 m) (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

Essas ocupações desconsideram as normas de parcelamento e uso do solo que regem a ocupação do espaço no município de São Paulo. A partir do final da década de 60, enquanto se esgotavam as terras mais adequadas para a ocupação urbana (bacia sedimentar terciária), os arruamentos penetraram áreas de solos frágeis, de declividade mais acentuada e com condições impróprias para urbanização e onde houve perda significativa de vegetação protegida por legislação, introduzindo-se assim situações de risco (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

As áreas de risco de escorregamento na cidade de São Paulo, envolvendo assentamentos precários, foram objeto de mapeamento de risco em 2003 (detalhado pelo IPT), o que possibilitou identificar o total de moradias em situação de alto e muito alto risco. Esse levantamento propiciou a formulação de um plano de ação municipal com medidas estruturais e não estruturais, visando a eliminação ou redução dos riscos.

Em 2010, um novo mapeamento foi realizado pelo IPT para a Prefeitura Municipal de São Paulo visando a atualização das condições de risco presentes, análise das intervenções realizadas e mapeamento de novas áreas de risco identificadas por técnicos municipais.

No cenário atual, o município de São Paulo apresenta setores de encosta com alta e muito alta probabilidade de ocorrência de acidentes de escorregamentos em razão do elevado número

de áreas de risco, alta concentração populacional nessas áreas, vulnerabilidade da ocupação decorrente da forma e padrão precário das construções e insuficiência de recursos para a execução a curto e médio prazo das medidas de redução de riscos.

Com relação aos outros municípios presentes na RMSP, levantamentos de áreas de risco de escorregamentos têm sido também realizados segundo a mesma metodologia utilizada na cidade de São Paulo, desenvolvida pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) para o Ministério das Cidades.

No tocante a esses mapeamentos e considerando também o registro de acidentes e atendimentos emergenciais realizados principalmente nos meses de verão, além do município de São Paulo, os municípios que apresentam vulnerabilidade para acidentes de escorregamentos na região da bacia do Alto Tietê são os seguintes:

- a) Região Norte: Guarulhos, Mairiporã, Caieiras, Francisco Morato e Franco da Rocha;
- b) Região Leste: Ferraz de Vasconcelos e Guararema;
- c) Região Sul: Mauá, São Bernardo do Campo, Santo André, Diadema, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra, Embu Guaçu e Juquitiba;
- d) Região Oeste: Santana do Parnaíba, Osasco, Carapicuíba, Barueri, Itapevi, Jandira, Taboão da Serra, Embu, Itapeverica da Serra e Cotia.

A RMSP sob o ponto de vista das condições fisiográficas apresenta na sua porção central um relevo marcado por colinas com extensas rampas de drenagem cujos terrenos da Bacia Sedimentar de São Paulo são entalhados de forma relativamente suave pelas drenagens afluentes dos rios Tietê, Pinheiros e Tamanduateí, que apresentam várzeas ou planícies de inundação de grande extensão lateral.

As zonas periféricas da RMSP, constituídas por rochas ígneas que se localizam nas bordas da Bacia Sedimentar de São Paulo, apresentam por outro lado relevos mais acidentados onde predominam os morros e morrotes.

São nessas áreas periféricas da RMSP, de relevo mais acidentado, que ocorrem com maior frequência e severidade os processos de movimentos de massa.

O avanço da ocupação urbana, principalmente

por assentamentos precários, têm potencializado a instabilidade dos terrenos, aumentando a possibilidade de ocorrência de processos de deslizamento das encostas e originando centenas de áreas de risco de escorregamento em todos os bairros periféricos da cidade e na maior parte dos municípios adjacentes.

Vulnerabilidade associada a eventos pluviométricos severos na RMSP

Na RMSP, as principais vulnerabilidades relacionadas com eventos chuvosos estão associadas aos cenários de risco de enchentes, inundações, escorregamentos e outros processos correlatos. Tais processos da dinâmica superficial para serem deflagrados e se tornarem efetivamente fenômenos perigosos dependem de eventos pluviométricos com dada distribuição espacial e volume de precipitação.

Pela observação das ocorrências desses processos na RMSP pode-se notar que, por exemplo, no caso das enchentes, eventos instantâneos associados a chuvas convectivas da ordem de 30 mm em dezenas de minutos ou algumas horas, concentradas numa bacia hidrográfica, são suficientes para deflagrar escoamentos superficiais perigosos com potencial de causar danos. Por outro lado, inundações com permanência de horas ou mesmo vários dias de alagamento das várzeas são geralmente geradas por eventos pluviométricos com totais de chuva mais elevados, cuja condição meteorológica, associada a frentes semi-estacionárias, geralmente perdura por vários dias.

Tais condições meteorológicas com potencial de descarregar chuvas com totais pluviométricos elevados favorecem também a ocorrência de processos de escorregamentos nas encostas. Chuvas com totais pluviométricos superiores a 100 mm/evento e distribuição espacial generalizada são capazes de causar acidentes principalmente nas áreas de risco situadas nas porções periféricas da RMSP.

No sentido de tentar estimar cenários de risco e identificar as vulnerabilidades associadas a eventos pluviométricos severos, foram realizadas análises como a que será exposta a seguir. As

análises de risco realizadas para os processos de escorregamento levaram em conta as distribuições pluviométricas, as classes de declividade do terreno e os padrões de uso e ocupação do solo na RMSP.

Distribuição das chuvas na RMSP

Para a realização das análises referentes à distribuição das chuvas na RMSP, foram utilizadas informações extraídas do banco de dados de hidrometeorologia do DAEE, relacionadas ao período entre 1973 e 1997. Estes dados apresentam a melhor densidade espacial e homogeneidade temporal de informação pluviométrica diária sobre a RMSP e adjacências, com um total de 93 estações pertencentes à Agência Nacional de Águas (ANA) e, fundamentalmente, ao DAEE.

Na busca de respostas sobre a intensidade e frequência de eventos chuvosos extremos, utilizou-se a distribuição espacial da frequência de precipitações extremas (eventos iguais ou maiores a 100 mm/dia).

Tabela 4: Categorias estabelecidas para a compartimentação das chuvas de 100 mm/dia

1	$0,00 < N < 0,25$	(não recorrente a 4 anos)
2	$0,025 < N < 0,75$	(4 anos a 1,5 anos)
3	$0,75 < N < 1,50$	(1,5 anos a 9 meses)
4	$1,50 < N < \infty$	(menor que 9 meses)

Com a distribuição dos pontos de medição e suas coordenadas geográficas, foi conduzida uma operação de interpolação dos dados para obtenção do mapa que pode ser visto na Figura 34 e que apresenta a seguinte compartimentação de frequências de chuvas extremas (Tabela 4).

A Figura 34 mostra que a recorrência típica para eventos chuvosos extremos na cidade de São Paulo é tipicamente associada à área azul, que

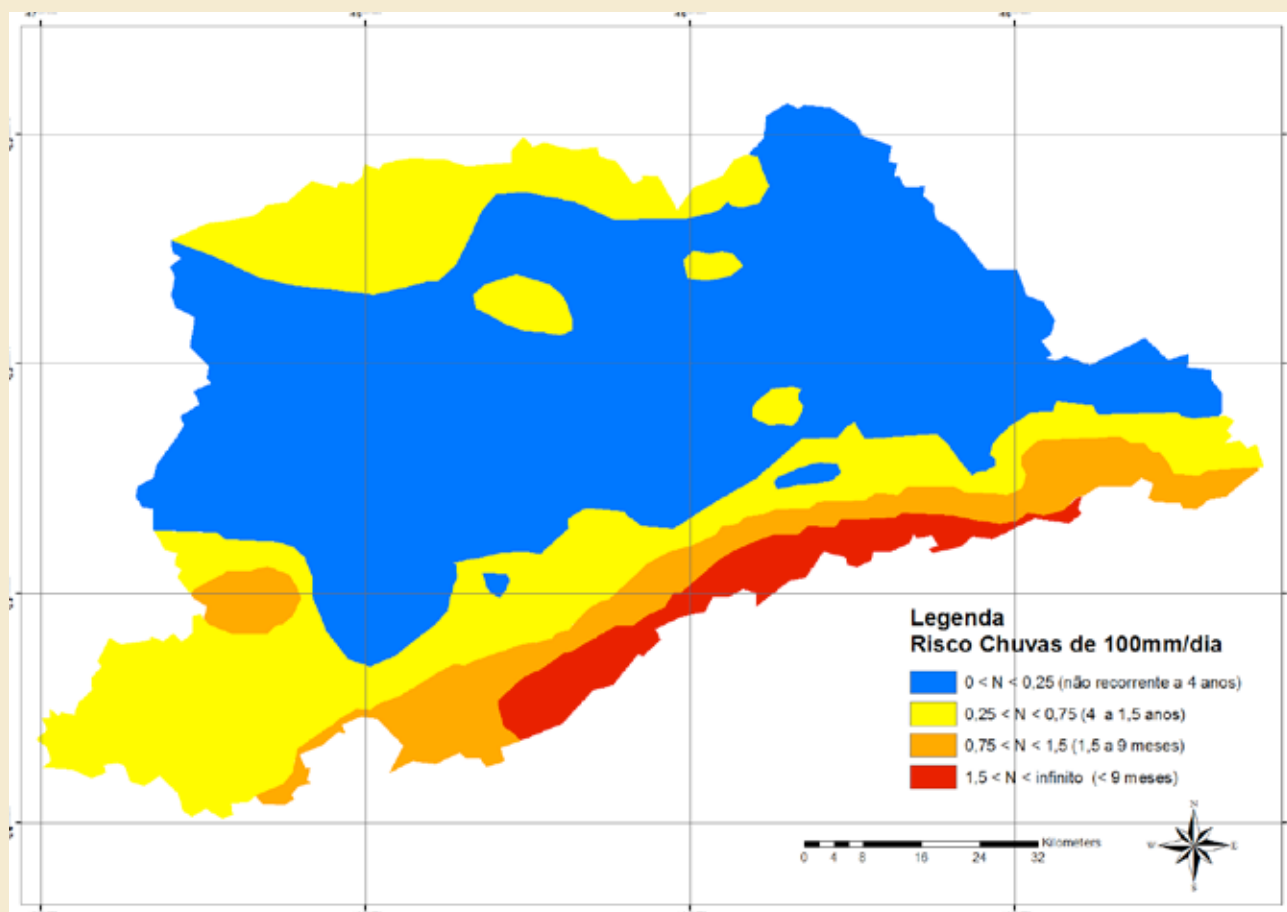


Figura 34: Recorrência típica para eventos chuvosos de 100 mm/dia

Fonte: Interpolação dos dados fornecidos pelo DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica) e ANA (Agência Nacional de Águas)

abrange aproximadamente o vale do rio Tietê, Pinheiros e do Tamanduateí, onde se situa a maior parte da zona impermeabilizada da cidade de São Paulo (mancha urbana). Em média, esta área tem apresentado historicamente eventos maiores que 100 mm/dia pelo menos uma vez a cada quatro anos.

Deve-se observar, porém, que mesmo no interior da mancha urbana da metrópole, existem áreas mais propensas a eventos chuvosos extremos. É o caso da área situada no sopé da Serra da Cantareira, onde ficam os bairros do Jaçanã e Campo Limpo, ou em Suzano, onde a recorrência de chuvas extremas é aproximadamente bienal.

Outro lugar fortemente propenso a chuvas extremas é a região de São Lourenço da Serra na Zona Sudoeste da RMSP (área em laranja), que pode apresentar recorrência anual de chuvas extremas da ordem de 100 mm/dia.

Nas encostas da Serra do Mar, entre a RMSP e o litoral, observa-se uma recorrência tão acentuada de eventos extremos, que não se pode nem

mesmo atribuir raridade a essas chuvas de 100 mm/dia. De fato, a recorrência de tais eventos nas encostas da Serra do Mar poderia ser medida em meses ao invés de anos (área vermelha do mapa).

A faixa urbana (azul) da RMSP é menos afetada por chuvas extremas que suas áreas vizinhas (faixas amarelas e laranjas), mas esta mancha urbana está hoje cercada, tanto ao norte/noroeste como ao sul/sudeste por faixas muito mais propensas a eventos extremos de chuva.

Observe que o crescimento da mancha urbana da RMSP em direção à Serra da Cantareira (Zona Norte do município de São Paulo) e para o lado transposto desta serra (Cajamar, Franco da Rocha, Perus, Caieiras, Francisco Morato, Mairiporã) irá aumentar a vulnerabilidade da população em virtude das consequências de eventos chuvosos associados à declividade acentuada, como veremos a seguir.

Na direção sul/sudeste, transpondo o ABC e Mauá, indo em direção a Ribeirão Pires e Rio

Grande da Serra, haverá situação semelhante à que se observa na região norte.

Resume-se que a mancha urbana da RMSP está hoje situada numa área cuja propensão aos danos derivados de eventos extremos (maiores que 100 mm/dia) é moderada, mas qualquer expansão urbana dessas áreas resultará em aumento de todos os riscos que possam decorrer da exposição aos eventos extremos de chuva.

Aspectos da vulnerabilidade relacionados à declividade

Como foi explicado anteriormente, para analisar as vulnerabilidades das áreas urbanas relativas aos processos da dinâmica superficial é necessário se conhecer as condições do meio físico que controlam tais processos nas áreas de baixada e de encosta.

Os principais fatores naturais que condicionam a ocorrência de escorregamentos estão relacionados às características do relevo de uma dada região.

A RMSP apresenta, principalmente nas suas regiões periféricas, terrenos com topografia acidentada que compreendem morros e morrotes com altas amplitudes relativas e declividades acentuadas (típicas de encostas).

Para a identificação dessas diferentes unidades de relevo foram trabalhados dados do meio físico referentes à declividade. Assim, para a macroanálise da suscetibilidade dos terrenos a processos de escorregamentos, a declividade foi o fator de referência usado para identificar a maior ou menor probabilidade de ocorrência de processos de deslizamentos.

Na construção do mapa de declividades da RMSP, foram consideradas as curvas de nível do terreno que deram origem ao Modelo Digital de Terreno (MDT) com pixels de 30 x 30 metros (a partir de técnicas de interpolação com auxílio de Sistemas de Informações Geográficas - SIG). Este MDT foi posteriormente “tratado” através da aplicação do modelo denominado “Height Above Nearest Drainage” (HAND).

Como mencionado no capítulo 6, este modelo computacional nivela as linhas de drenagem ou cursos d’água do terreno para o nível zero e remapeia todos os demais pontos da topografia

de acordo com a distância vertical relativa a este nível (RENNO, et al, 2008; NOBRE, et al., 2011). Dessa maneira, obtêm-se os pontos de confluência, ou seja, para onde a água superficial escoaria até encontrar os locais de concentração ou acúmulo. Do mesmo modo, através deste modelo obtêm-se os pontos onde o escoamento superficial pode ser mais intenso/veloz devido à declividade acentuada dos terrenos.

Para a análise das condições de declividade sujeitas a deslizamento foram consideradas basicamente três classes de declividade, conforme relacionado a seguir:

Classe 1: 5° a 15°

Classe 2: 15° a 30°

Classe 3: maiores que 30°

A classe 1 representa uma região de baixas declividades na porção central. Nestas áreas em azul (Figura 35), concentram-se os terrenos com baixa suscetibilidade a escorregamentos. Isto se deve a estrutura ampla das várzeas e adjacências dos rios Tietê, Pinheiros e Tamanduateí.

Ao redor desta região, sobretudo em direção ao norte e ao sul/sudeste, existem áreas que mostram aspectos geomorfológicos de relevo acidentado, ou seja, muito suscetíveis a escorregamentos (áreas em vermelho). Atualmente, estas regiões são pouco ocupadas ou predominantemente ocupadas por propriedades rurais, chácaras e/ou comunidades de baixa renda. As áreas em amarelo, embora pouco visíveis, apresentam declividades intermediárias e situam-se quase exclusivamente nos sopés de colinas e outros acidentes de relevo.

O que é extremamente importante ressaltar aqui é o fato de que existe uma relação entre os diferentes tipos de chuva que atingem a RMSP e as características do relevo da região.

As chuvas frontais¹⁴, por exemplo, que chegam à RMSP na forma de frentes frias vindas do oceano, tentam ultrapassar a barreira da Serra do Mar,

14. Estas chuvas são causadas pelo encontro de uma massa de ar fria (e seca) com outra quente (e úmida), típicas das latitudes médias, como as de inverno no Brasil que caminham desde o Sul (Argentina) e se dissipam no caminho podendo, eventualmente, chegar até o estado da Bahia. Por ser mais pesado, o ar frio desce e o ar quente (mais leve) sobe. Com a elevação da massa de ar quente e úmida, há um resfriamento da mesma que condensa e precipita.

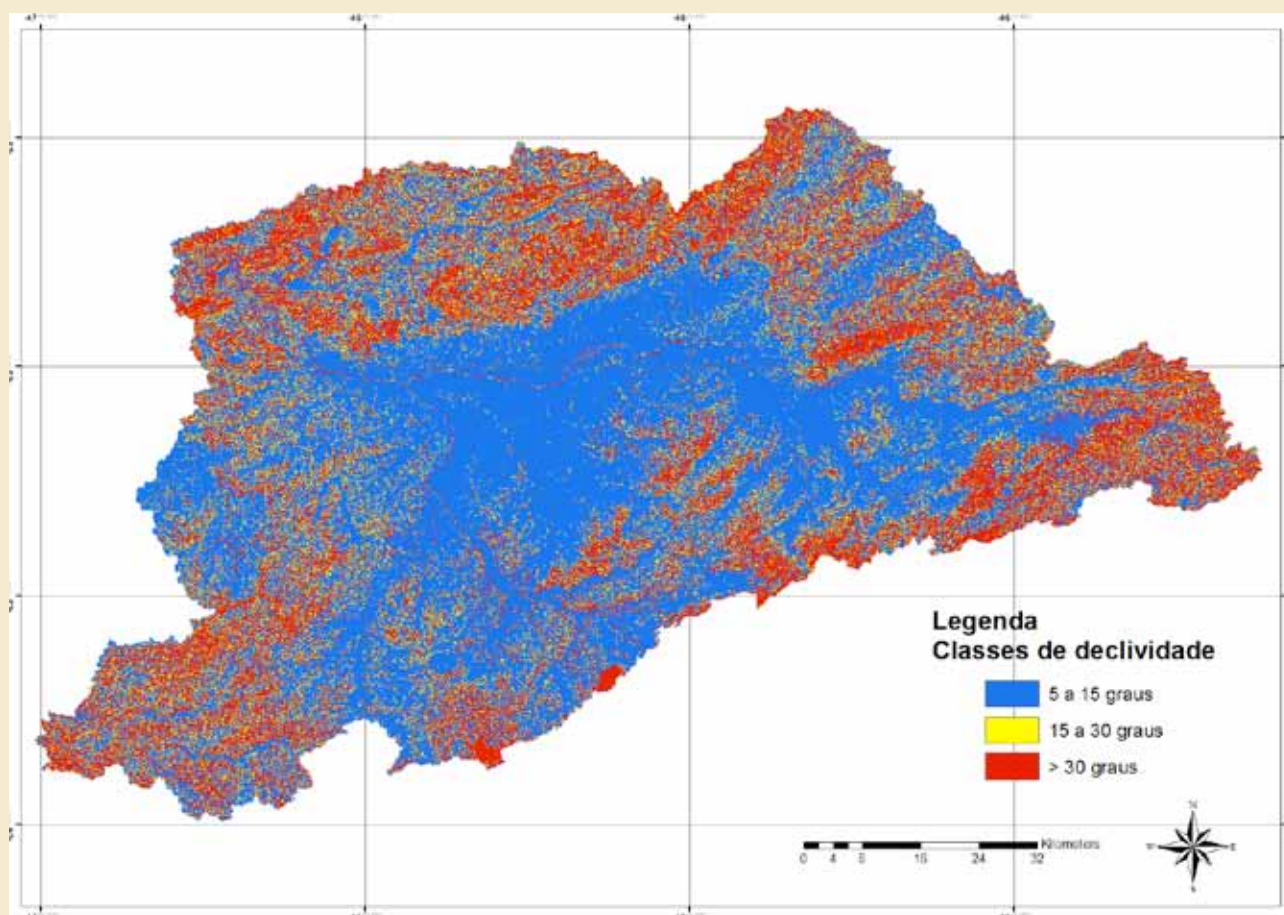


Figura 35: Classes de declividade da RMSP

mas muitas vezes, devido à altitude, permanecem estacionadas acima da serra, local conhecido por chuvas constantes.

No caso da Serra da Cantareira (Zona Norte da RMSP), Serra do Mar (Zona Sul) e de São Lourenço da Serra (Zona Oeste) podem ocorrer, ainda, chuvas orográficas (ou estacionais)¹⁵ também chamadas de “chuvas de serra” ou “chuvas de relevo”. Essas chuvas ocorrem quando os ventos quentes e úmidos se elevam e se resfriam pelo encontro de uma barreira montanhosa (são considerados locais de chuvas frequentes).

Assim, as áreas mais afetadas por esses dois tipos de chuva (frontais e orográficas) são as áreas de declive mais acentuado, justamente aquelas mapeadas em vermelho (situações mais críticas) tanto no mapeamento de distribuição das chuvas como das classes de declividade.

Quando, eventualmente, essas chuvas

ultrapassam a Serra do Mar ou da Cantareira, atingem a região mais urbanizada da RMSP, que seriam as áreas em azul localizadas no mapa de declividade (como as áreas de baixa declividade) ou no mapa de distribuição de chuvas (risco não recorrente a 4 anos).

Outro tipo de chuva que atinge a parte mais central da RMSP é denominada de chuva convectiva¹⁶ ou “chuva de verão”, muito comum na região Sudeste do Brasil. São provocadas pela intensa evapotranspiração de superfícies úmidas e aquecidas¹⁷ (como cidades, florestas e oceanos tropicais). Essas chuvas podem ocorrer na forma de tempestades convectivas associadas à entrada de brisa marítima ao final da tarde.

As considerações a respeito das características das chuvas associadas ao tipo de relevo são

15. São comuns nos litorais, paranaense, catarinense e paulista e em todo o litoral brasileiro na Serra do Mar. Esse tipo de precipitação pode estar associada a presença do efeito Föhn, que condiciona a existência de áreas mais secas a sotavento dessas barreiras.

16. Precipitação convectiva é comum na região Sudeste, particularmente sobre a RMSP e sobre a Região Metropolitana do Rio de Janeiro onde ocorrem tempestades associadas à entrada de brisa marítima ao final da tarde com graves consequências sobre as centenas de áreas de risco.

17. A RMSP pode ser considerada uma área extremamente aquecida devido à impermeabilização do solo (materiais que retêm muito calor estão presentes em toda a superfície), relacionada também ao fenômeno das ilhas de calor urbano.

importantes para o entendimento da dinâmica natural do sistema (como este opera de diferentes formas e por que).

Nesse sentido, compreendem-se os motivos que levam a concluir que, em locais com declividade acentuada, devem-se respeitar os limites e/ou retrições legais impostos ao uso e ocupação do solo. Tais motivos (ou fatores) foram considerados por especialistas do IPT, como veremos no próximo tópico deste capítulo, referente a riscos associados ao uso do solo.

Padrões de uso e ocupação do solo associados a riscos de deslizamento

O uso de solo é um dos aspectos mais complexos, que interfere significativamente nos riscos de escorregamento da RMSP. Para entender a situação dos riscos de deslizamento em associação com o uso do solo, partiu-se, inicialmente, do mapa de uso e ocupação do

solo fornecido pela Emplasa. Esse mapa foi reclassificado em três categorias ou classes de risco de escorregamento, de acordo com análises realizadas por especialistas do IPT (Figura 36) e que serão explicitadas a seguir.

As classes de uso do solo foram submetidas à avaliação de seis especialistas do IPT através da aplicação de uma “lista de avaliação” relativa a usos distintos associados às potencialidades de risco de escorregamento. Esses especialistas realizaram essa avaliação de risco potencial baseando-se em suas experiências individuais de campo (todos com experiência mínima de cinco anos).

A lista de avaliação (Tabela 5) foi estruturada dentro da lógica de uma “árvore de decisão” (Figura 37), ou seja, para cada uso do solo

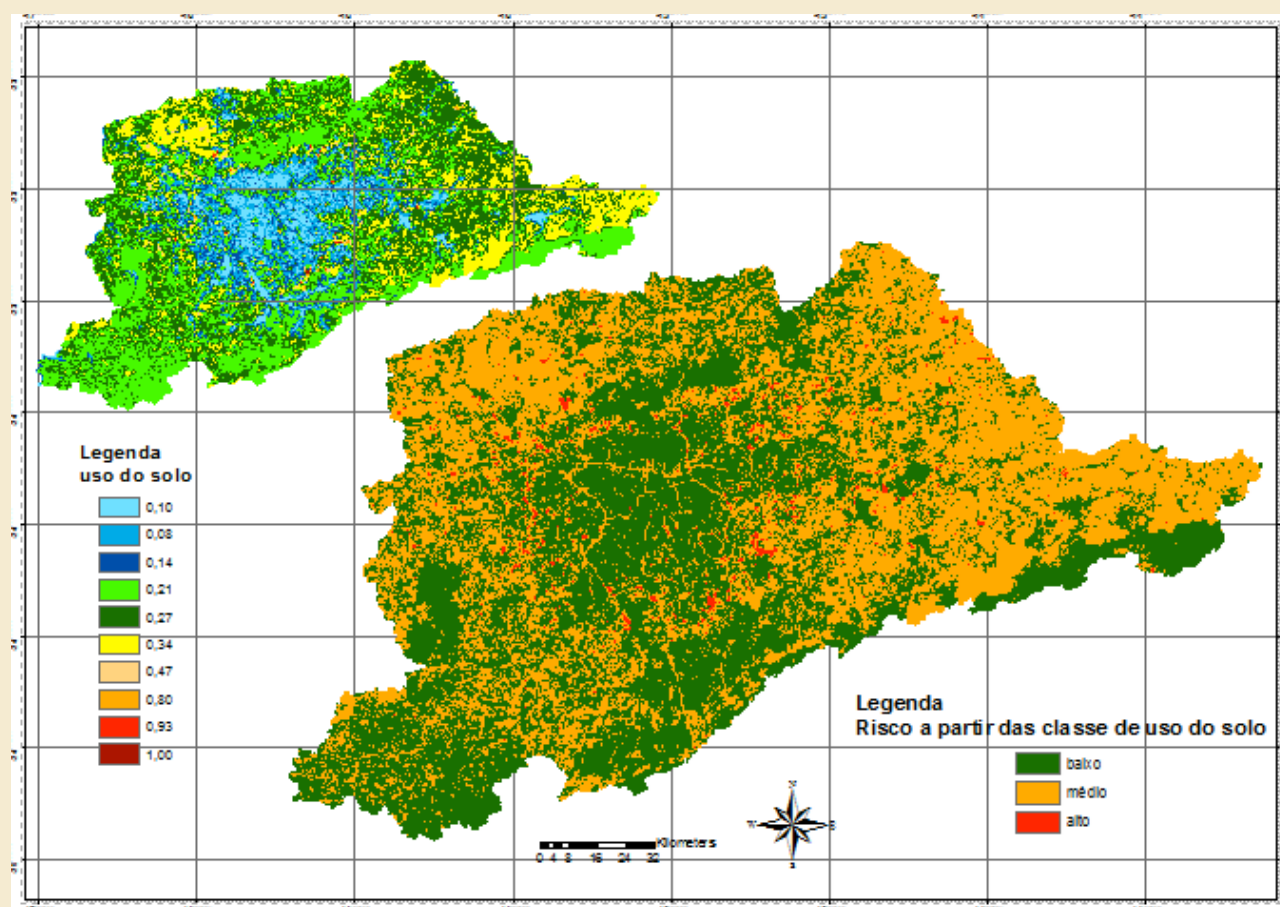


Figura 36: Classes de uso do solo associadas a risco de deslizamento na RMSP

Tabela 5: Formato da lista de avaliação aplicada dentro da lógica de árvores de decisão.			
Fator 1	Fator 2	Fator 3	Peso (atribuir)
Uso do solo	Declividade	Chuva (100mm/dia)	
1	1 (5-15°)	1	
		2	
		3	
		4	
	2 (15-30°)	1	
		2	
		3	
		4	
	3 (> 30°)	1	
		2	
		3	
		4	
Uso do solo	Declividade	Chuva (100mm/dia)	Peso
2	1 (5-15°)	1	
		2	
		3	
		4	
	2 (15-30°)	1	
		2	
		3	
		4	
	3 (> 30°)	1	
		2	
		3	
		4	

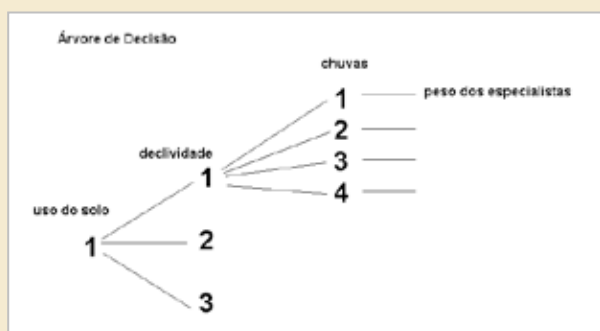


Figura 37: Quadro esquemático referente à árvore de decisão

considerado foi realizada a associação com os respectivos fatores deflagradores (relativos à chuva e declividade).

Desse modo, para cada uso do solo têm-se diferentes declividades e compartimentações de chuva (de 100 mm/dia) associados.

Foi solicitado que cada um dos especialistas atribuisse pesos de 0,01 a 1 (Tabela 6) conforme critérios abaixo relacionados para riscos

associados a diversos tipos de uso e ocupação.

1 = É quase impossível que aconteça um movimento do terreno

2 = É improvável que aconteça um movimento do terreno

3 = É possível que aconteça um movimento do terreno

4 = É provável que aconteça um movimento do terreno

5 = É muito provável que aconteça um movimento do terreno

As respostas dos especialistas foram submetidas a um programa desenvolvido matematicamente para verificar a consistência e as médias dos resultados, conforme detalhado a seguir.

As pontuações médias foram repartidas em três categorias de vulnerabilidade (categorias suscetíveis ao risco 1: baixo, 2: médio e 3: alto)

Tabela 6: Categorias de uso do solo seguindo critérios de pontuação

Categoria	Uso do solo	Crítérios	Peso
1	Chácara	improvável que aconteça um movimento do terreno (deslizamento)	0,21
	Equipamento Urbano		0,21
	Mata		0,21
	Indústria		0,14
	Vegetação de Várzea		0,08
	Espelho d'água	quase possível que aconteça um movimento terreno (deslizamento)	0,01
	Reservatório de Retenção		0,01
	Área urbanizada consolidada		0,01
2	Mineração	possível que aconteça um movimento do terreno (deslizamento)	0,47
	Loteamento Desocupado		0,47
	Capoeira		0,34
	Reflorestamento		0,34
	Rodovia		0,34
	Campo		0,27
	Hortifrutigranjeiro		0,27
	Outro uso		0,27
3	Favela	muito provável que aconteça um movimento terreno (deslizamento)	1,00
	Lixão		1,00
	Aterro Sanitário	provável que aconteça um movimento do terreno (deslizamento)	0,93
	Solo Exposto		0,80

que deram origem ao mapeamento anterior (Figura 36).

Na Tabela 6 podem ser observadas as classes de uso do solo e os pesos atribuídos (ou considerados) pelos os especialistas para cada tipo de uso do solo de acordo com critérios acima mencionados.

Em termos de uso e ocupação do solo, os deslizamentos que ocorrem na RMSP podem ser classificados basicamente em dois ambientes distintos: aqueles que ocorrem nas favelas e os que acontecem nos bairros periféricos onde prevalecem autoconstruções.

Nas favelas, os deslizamentos estão associados ao fato de que as habitações são precárias e estão em áreas clandestinas, áreas ocupadas por barracos sem estrutura (ou cálculo estrutural) e muitas vezes construídas em aterros realizados de forma inadequada (sem critérios construtivos), instaladas em terrenos de alta declividade (instáveis).

Geralmente, estão localizadas em áreas públicas ou verdes (institucionais, áreas de

preservação ou lazer), instaladas em cabeceiras de drenagem em terrenos muito inclinados e úmidos. As autoconstruções ocorrem em bairros periféricos de relevo acentuado com vertentes muito inclinadas com edificações sem estrutura adequada.

Risco de deslizamento: integração das informações

Para a análise integrada dos fatores acima mencionados adotou-se a média geométrica ponderada referente as pontuações realizadas pelos especialistas, ou seja, considerando a Equação 1:

$$RISCO = \frac{C^{pC} \times D^{pD} \times U^{pU} - 1}{4^{pC} \times 3^{pD} \times 3^{pU} - 1}$$

Equação 1 - Modelo de riscos geométrico ponderado

Onde:

pC = Peso para a categoria frequência de chuvas maiores que 100 mm/dia

pD = Peso para a categoria declividade

pU = Peso para a categoria Uso e Ocupação do solo e $pC + pD + pU = 1$

A análise das “listas de avaliação” (dos especialistas) obedeceu ao critério de “duplo cego”, ou seja, cada um dos especialistas consultados não sabia os resultados dos demais e o aplicador também não sabe quem preencheu uma das listas.

Os resultados de cada especialista foram submetidos a um programa de computador que, por análise combinatória (step = 0,01 com a restrição), selecionou pesos para cada um dos fatores de modo que a diferença entre os resultados da Equação 1 e as respostas de cada especialista fosse mínima.

Para fins de aplicação no software de avaliação combinatória criado, a Equação 1 foi modificada para a padronização entre 1 e 4, ao invés da variação entre 0 e 1, ou seja, somente para fins de simplificação da comparação entre as respostas dos especialistas, que preferiram selecionar notas entre 1 e 4 ao invés de 0 e 1, a equação foi modificada para:

Observe que a modificação não apresenta qualquer

$$RISCO = 3 \times \left[\frac{C^{pC} \times D^{pD} \times U^{pU} - 1}{4^{pC} \times 3^{pD} \times 3^{pU} - 1} \right] + 1$$

Equação 2 - Modelo de risco de escorregamento repadronizado para produzir valores entre 1 e 4

alteração nos valores que devem ser aplicados nos pesos pC; pD e pU. Tabulando os valores dos pesos que simularam as respostas dos especialistas foram obtidos os resultados da Tabela 7:

Tabela 7: Resultados da consulta realizada junto aos especialistas para determinação dos pesos do modelo				
	pC	pD	pU	Coefficiente de Correlação Especialista / Modelo
Especialista 1	0,38	0,26	0,36	1,00
Especialista 2	0,36	0,41	0,22	0,97
Especialista 3	0,33	0,35	0,32	0,91
Especialista 4	0,41	0,29	0,30	0,94
Especialista 5	0,43	0,15	0,42	0,97
Especialista 6	0,40	0,19	0,41	0,94
Média	0,39	0,28	0,34	

Deste modo, aplicando-se a média dos pesos calculados a partir das enquetes com especialista, pode-se obter um modelo capaz de categorizar áreas de risco com resultados aproximadamente iguais aos especialistas, se estes fossem limitados somente ao trinômio (chuvas, declividade, ocupação). Vale lembrar que o modelo é ainda simplificado em relação à opinião dos especialistas, na medida em que estes últimos consideram diversos outros fatores, quando executam seus trabalhos em campo.

$$RISCO = \frac{C^{0,39} \times D^{0,28} \times U^{0,34}}{2,4} - 0,418$$

Equação 3 – Modelo final para estimativa de risco de escorregamento na RMSP

O mapeamento de risco de deslizamento foi gerado por método geoestatístico de krigagem no software ArcGis 9.6, através da integração dos mapeamentos anteriormente produzidos relativos à distribuição de chuvas, classes de declividade e categorias de uso do solo (com ponderação dos especialistas) conforme Equação 3.

A integração desses fatores possibilitou identificar as áreas vulneráveis ao risco de deslizamento na RMSP (Figura 38).

Cabe destacar que este estudo é “qualitativo”. Para um estudo quantitativo faltariam informações mais detalhadas em escalas apropriadas sobre a coesão e espessura de solo, pedologia, nível do lençol freático e a presença de evidências de pequenos movimentos condicionantes, que podem fazer diferença no que se refere à confiabilidade das previsões de escorregamentos.

Entretanto, como se verificou, os cenários de vulnerabilidade associados a riscos de escorregamento na RMSP mostram que se mantidas as condições ou padrões atuais de uso e ocupação do solo deverá haver um aumento significativo do número de pessoas expostas a esses riscos (em áreas com declividades acentuadas suscetíveis aos processos naturais deflagrados por eventos meteorológicos cada vez mais intensos).

Para fazer frente a essas projeções há que se tentar mudar o modelo atual de urbanização com medidas mais eficazes de planejamento e controle, adotando medidas que sejam continuamente executadas para efetivamente reduzir as situações de vulnerabilidade.

Nesse sentido, os programas de redução de riscos devem ser executados nos municípios da

RMSP, através de políticas e planos estratégicos integrados, que possam melhorar a capacidade (dos poderes públicos locais) de implantação de medidas mais eficazes de controle do uso e ocupação evitando o aumento das vulnerabilidades socioambientais na RMSP.

Deve-se ainda incrementar as políticas públicas habitacionais e urbanísticas para erradicação das áreas de risco considerando a possibilidade de um aumento de ocorrências de eventos pluviométricos mais severos e frequentes.

E também melhorar os sistemas de monitoramento e gestão de riscos e de tomada de decisão baseando-se em planos preventivos de defesa civil e de contingência específicos, visando a remoção das pessoas que habitam “áreas de risco” quando da iminência de ocorrência de fenômenos geológicos e hidrológicos adversos.

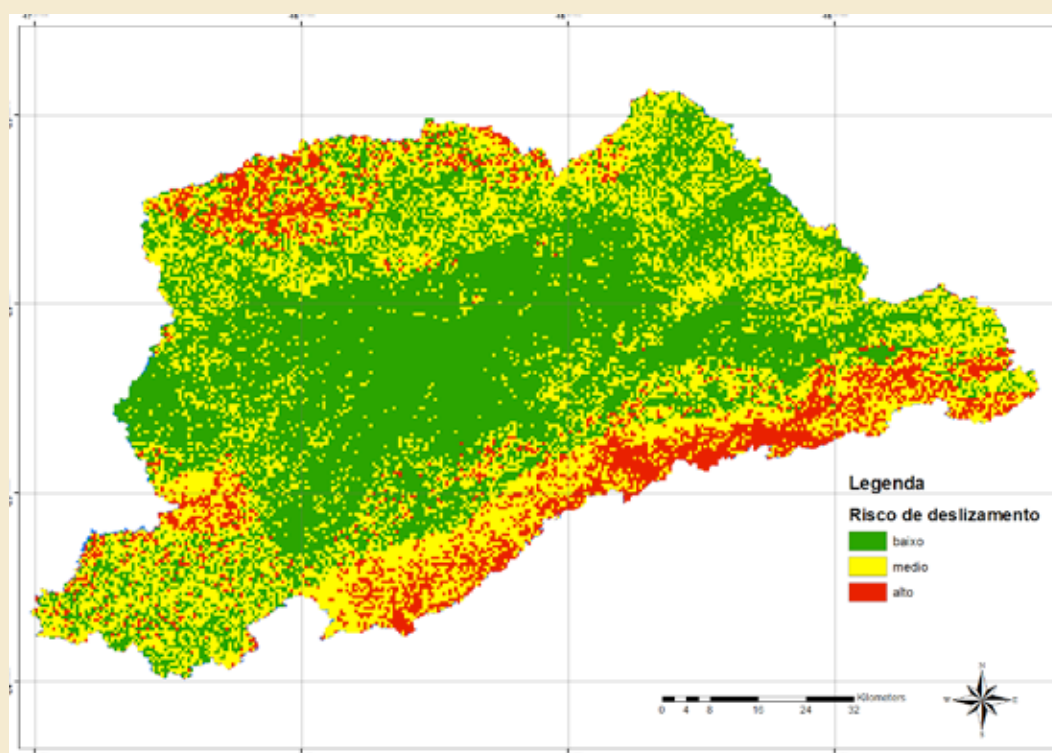


Figura 38: Mapeamento de risco de deslizamento na RMSP

capítulo 8

O processo de expansão da RMSP em 2030 e a propagação das áreas de risco

Este capítulo pretende relacionar o processo de expansão com a propagação dos riscos ambientais na RMSP. Nesse sentido, alguns aspectos ou fatores relacionados ao processo de expansão da metrópole no presente (veja apêndice 6) são fundamentais para a compreensão do futuro.

Cabe ressaltar que não se trata de ter a pretensão de prever exatamente o que ocorreria no futuro. Na verdade, essa seria uma tarefa impossível. Nesse caso, a ideia foi possibilitar a visualização de alguns elementos do processo de expansão, por exemplo, a projeção da mancha urbana, e relacionar com as áreas de risco identificadas através deste estudo.

Dentro dessa perspectiva, foi realizada uma tentativa de aproximação da realidade, visando auxiliar o entendimento ou provocar uma reação com relação a projeções futuras.

Basicamente, como tratado nos capítulos 6 e 7, dois problemas graves relacionados a riscos do meio físico (urbano e natural) se manifestam em períodos de chuvas intensas e concentradas na RMSP: as enchentes/inundações e os deslizamentos de terra.

Esses eventos causam grandes prejuízos econômicos, muitos transtornos e sofrimentos à sociedade como um todo mas, sobretudo, às populações de baixa renda que residem nas já muito bem conhecidas áreas de riscos.

A cada episódio de chuvas, o caos se instala na metrópole em função dos mais de 400 pontos de inundação identificados pelo Centro Gerenciamento de Emergências (CGE); sem mencionar que grande parte do sistema viário foi construída nas margens dos rios, córregos e ribeirões que, ao sofrerem transbordamento, interrompem o fluxo de veículos e transportes (capítulo 6).

Em algumas áreas onde o refluxo das inundações é mais lento, nos episódios mais intensos, chega-

se a uma sequência de horas de interrupção do tráfego e frequentemente ao isolamento de extensas zonas ou bairros (ROSS, 2004).

Conforme anteriormente observado por Ross (2004), a mancha urbana que as imagens de satélite Landsat revelam para a Região Metropolitana de São Paulo é surpreendente, pois se estende por mais de 80 km no sentido leste-oeste e em torno de 40 km de norte a sul, sendo que 20 dos 39 municípios que compõem a RMSP têm suas áreas urbanas conurbadas, ou seja, constituem um contínuo urbano quase totalmente impermeabilizado na bacia do rio Tietê e de seus maiores afluentes de alto curso, os rios Pinheiros e Tamanduateí.

No mapeamento a seguir (Figura 39), verifica-se a extensão da mancha urbana consolidada em 2001 (em roxo) e da mancha urbana de 2008 (em vermelho). Através de técnicas de sensoriamento remoto, foram mapeados e comparados os anos de 2001 e 2008, utilizando-se imagens de satélite Landsat 7 ETM+ (órbita

ponto 219-076, resolução 30x30m).

Nesse caso, primeiro foi realizada a classificação supervisionada da mancha urbana de cada ano com auxílio do software ENVI 3.6. Com os resultados das classificações e consequente identificação das manchas urbanas de 2001 e 2008, foram calculadas e comparadas as áreas de cada ano considerado e assim identificada a taxa de crescimento urbano de acordo com período de tempo decorrido (Tabela 8).

Para auxiliar a verificação das informações obtidas, os dados da imagem de satélite (sobre a extensão da área urbana) foram comparados aos dados oficiais da Empresa Paulista de Planejamento Metropolitana (Emplasa).

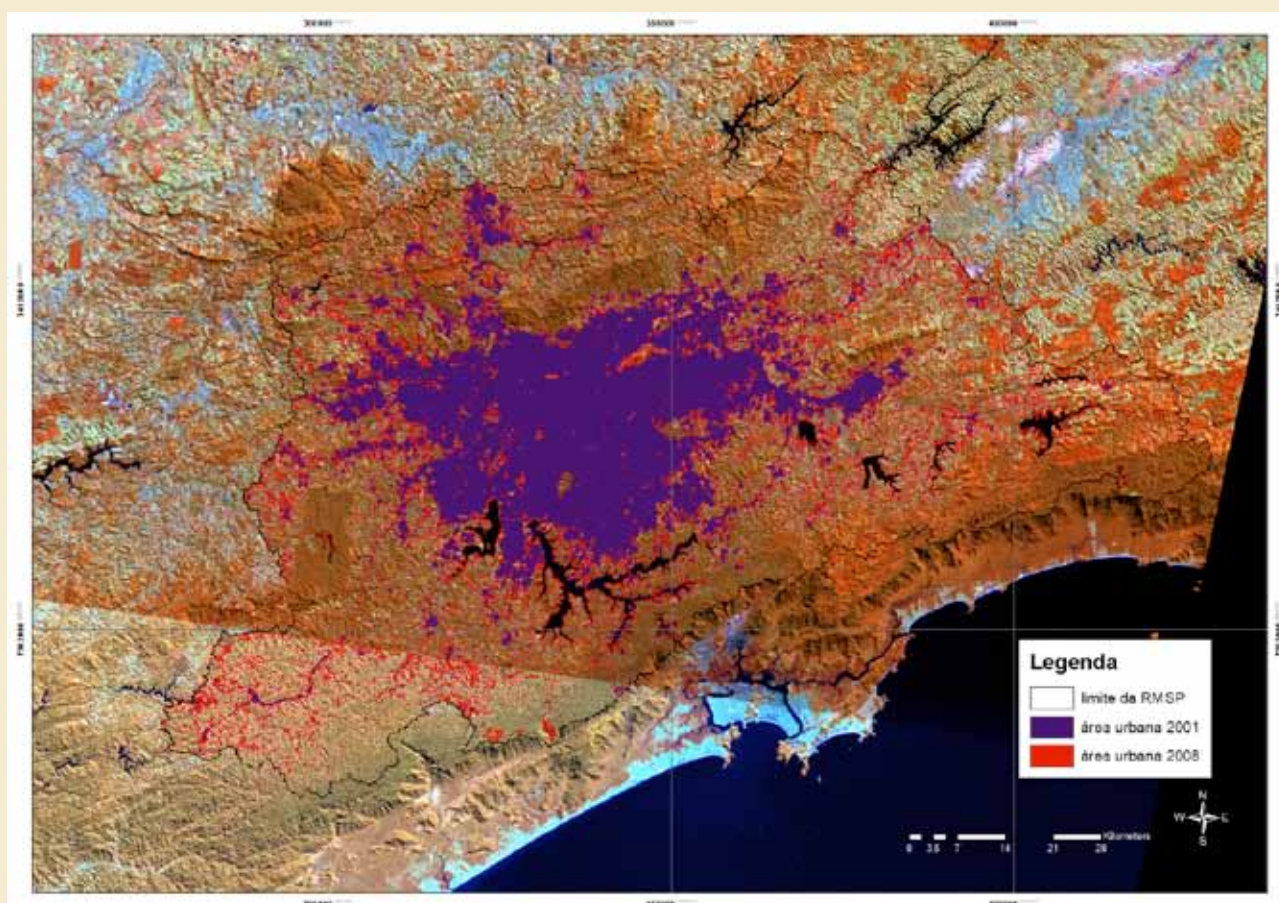


Figura 39: Expansão da mancha urbana no período entre 2001 e 2008.

Fonte: Imagem do Satélite Landsat 7 ETM+ (órbita.219-076,resolução 30x30m).

Tabela 8: Levantamento da área urbana da RMSP e taxa de crescimento anual (segundo dados da Emplasa e das Imagens do Satélite Landsat 7 ETM +).

Emplasa (área em km²)		Tempo	Área Expamdida (km²)	Imagem de Satélite (área em km²)		Tempo	Área Expandida (km²)
2002	2007	5 anos	2002 - 2007	2001	2008	7 anos	2001 - 2008
2.193,1	2.318,7		125,6	2.113,2	2.345,3		232,12
Taxa de Crescimento: 0,011200383				Taxa de Crescimento: 0,015000008			

Observe que, nos levantamentos realizados pela Emplasa foram utilizadas fotografias aéreas ortorretificadas na escala 1:25.000, portanto esses levantamentos apresentam um nível de detalhe mais amplo do que das imagens de satélite Landsat (escala 1:250.000).

Além disso, outro fator importante e muito provável é que, na metodologia da Emplasa, pode ter ocorrido a classificação das áreas urbanas considerando a vegetação de arruamentos e praças. Na classificação supervisionada das imagens de satélite não foi considerado esse fator, apesar das dificuldades de separar completamente estas feições dentro da mancha urbana¹⁸. Assim, considerando esses aspectos, algumas variações entre levantamentos podem ocorrer.

Observa-se que a região onde as alterações se fazem sentir mais intensamente, com índice de ocupação urbana superior a 80%, corresponde ao trecho da bacia dos rios Tietê e Pinheiros. Entretanto, o processo de urbanização já está desfigurando o restante da bacia, avançando pelos tributários e ocupando também suas vertentes e cabeceiras (DAEE, 2009).

Sobrepondo os resultados do modelo HAND (capítulo 6) sobre a mancha urbana, foi possível visualizar as áreas suscetíveis a enchentes e inundações. Nota-se que estas áreas estão localizadas na planície fluvial e fundos de vale, onde ocorreu a remoção da cobertura vegetal natural e a impermeabilização excessiva da superfície dos solos (Figura 40).

A ocupação nessa região é diversificada (comércio, serviços e indústria), entretanto, preocupa a concentração de populações de baixa renda nas áreas de proteção permanente da bacia, em virtude da precariedade das condições de moradia, obstrução de corpos d'água e solapamentos das margens dos rios.

Para se ter uma noção da dimensão dessas ocupações, de acordo Ross (2004) e com a Prefeitura de São Paulo (2005), somente a cidade São Paulo tinha aproximadamente 30% de sua população, ou seja, 2,7 milhões de pessoas vivendo em favelas, cortiços e habitações precárias, que ocupavam quase em sua totalidade áreas ilegais. Calcula-se que cerca de 1,6 milhões viviam em favelas, em áreas com características distintas, conforme Tabela 9.

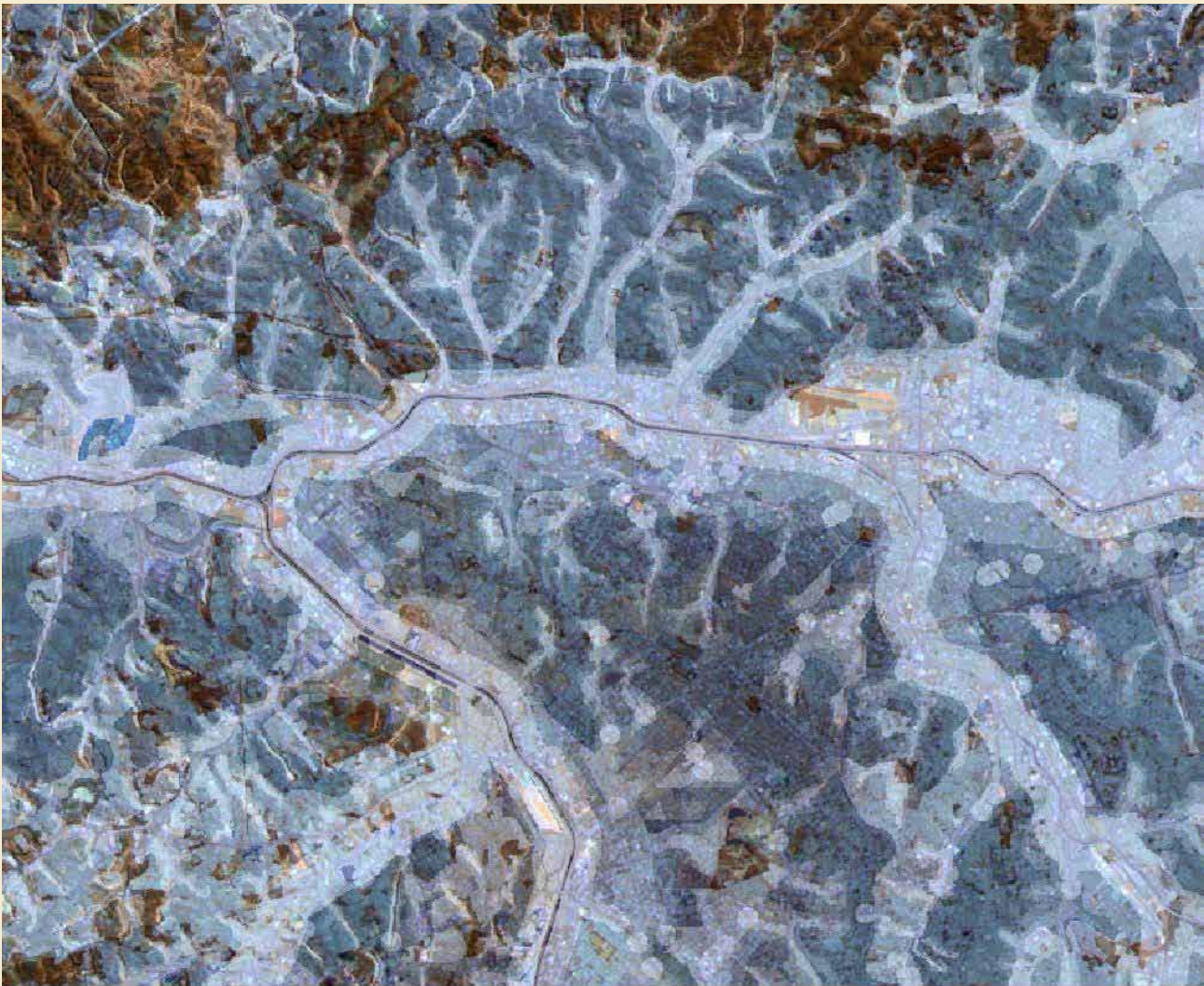
As inundações e os deslizamentos de terra atingem de forma generalizada toda a população metropolitana. Entretanto, esses eventos afetam com maior intensidade e gravidade as pessoas ou famílias que vivem nos ambientes de maior risco, com destaque para a população localizada em favelas, das quais pelo menos um terço é anualmente atingida várias vezes pelos episódios de chuvas intensas, conforme indica a Tabela 10.

Os escorregamentos ou movimentos de massa são muito frequentes em relevos na forma de morros com vertentes muito inclinadas e que tenham, sobretudo, passado por algum tipo de intervenção humana (veja capítulo 7).

É evidente que os problemas ambientais urbanos da RMSP, no que se refere a enchentes, inundações e deslizamentos de terra, são gravíssimos sob o aspecto humano e econômico, pois além de causarem grandes prejuízos tanto ao poder público como à sociedade em geral, fazem surgir, todos os anos, novas vítimas de soterramentos e afogamentos.

Na tentativa de visualizar esses desastres ambientais no futuro, foi gerado um modelo de expansão urbana para a RMSP em 2030 (Figura 41). Esse modelo foi gerado a partir da interpolação dos dados obtidos através das imagens de satélite. Nesse caso, foi considerada uma taxa de crescimento anual constante com base no padrão de uso e ocupação do solo observado no período entre 2001 e 2008.

18. No método de classificação supervisionada das imagens de satélite, por exemplo, pode ocorrer a captura ou registro de alguns pixels de solo exposto no momento da classificação da mancha urbana, uma vez que a área urbana não é completamente homogênea.



- **Área urbana sujeita a inundação (baixa declividade)**
- **Área urbana onde os riscos de inundação são improváveis (declividade mais acentuada)**

Figura 40: Visualização das áreas de risco de enchentes através da sobreposição do Modelo HAND sobre a imagem de satélite Landsat (2008).

Desse modo, o modelo de expansão urbana foi gerado a partir desta taxa de crescimento, que foi aplicada ao algoritmo abaixo relacionado:

$$P(t) = P_0 (1+i)^t$$

Onde:

P0: Crescimento inicial

P(t): Crescimento depois de decorrido t anos

i: Taxa unitária de crescimento

t: Tempo medido em anos, ou seja, número de anos decorridos.

Aplicando-se o algoritmo com a taxa de crescimento anual e o número de anos que se pretendia projetar para o futuro foi possível identificar a mancha urbana de 2030.

Cabe ressaltar que a expansão urbana (futura) não ocorrerá por causa de um elevado crescimento

Tabela 9: Localização das favelas no município de São Paulo.	
Áreas ocupadas (localização das favelas)	% da população total
margens de rios e córregos	49,3%
declividades acima de 30%	29,3%
sobre lixões e aterros sanitários	0,9%
áreas verdes institucionais	0,9%
não identificados	20,6%

Fonte: Prefeitura Municipal de São Paulo, Secretaria do Verde e Meio Ambiente (2005)

Tabela 10: Porcentagem de favelas atingidas em São Paulo.

Riscos	Porcentagem
Favelas que sofrem inundações frequentes	32,2% do total
Favelas que sofrem com deslizamentos	24,2% do total

Fonte: Prefeitura Municipal de São Paulo, Secretaria do Verde e Meio Ambiente (2005)

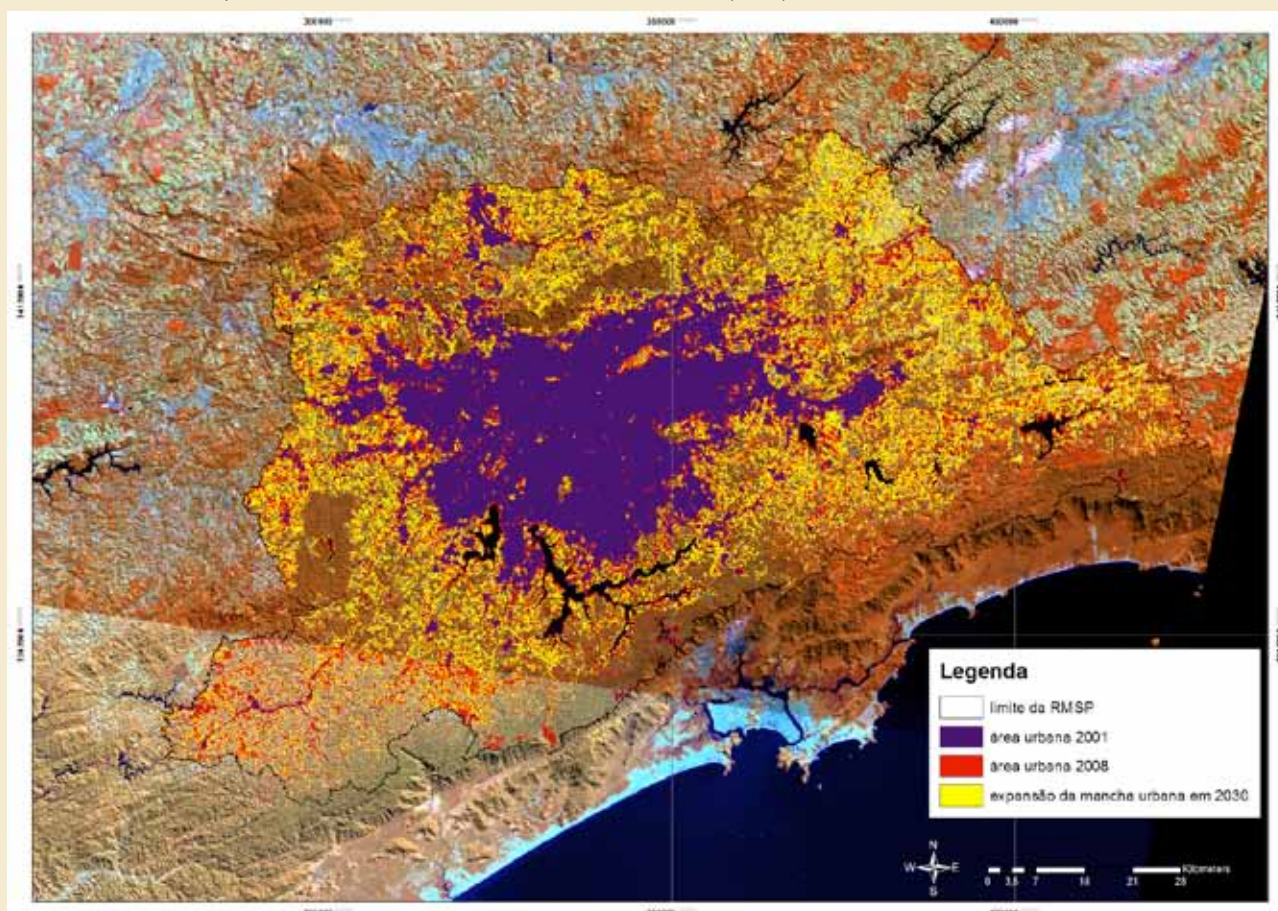


Figura 41: Expansão da mancha urbana da RMSP em 2030.

Fonte: Imagem de satélite Landsat 7 ETM+ (órbita. 219-076, resolução 30x30m).

demográfico, mas em função de mudanças estruturais na vida das pessoas (veja apêndice 6).

Observa-se através dessa simulação, que a ocupação se intensificará na periferia da RMSP e poderá se expandir exatamente como o padrão contemporâneo. A tendência é que a mancha urbana consolidada do município de São Paulo sofra poucas alterações, mas em contrapartida as áreas do entorno serão ocupadas, exercendo forte pressão sobre os recursos naturais existentes (ex. Serra da Cantareira, Serra do Mar, represas Billings e Guarapiranga).

Esses recursos naturais já estão sofrendo intensamente com a pressão urbana existente e em 2030 o fenômeno poderá se propagar, caso não haja nenhuma medida efetiva de controle do processo de expansão. Se, de fato, esse processo se concretizar, novas áreas de risco surgirão e a

vulnerabilidade aumentará tanto em relação a enchentes/inundações como a deslizamentos.

Para ilustrar o problema das áreas vulneráveis a enchentes e inundações no futuro (Figura 42), foram identificadas as prováveis áreas atingidas através da integração de dados sobre as áreas de expansão em 2030 com os mapeamentos das áreas de risco (capítulos 6).

A partir desse mapeamento, foram calculadas as áreas sujeitas a risco de enchentes em 2030 e comparadas com as áreas de risco de 2008. Os resultados mostram que as áreas suscetíveis ao risco de enchente representavam 23,55% da área urbana de 2008 (Tabela 11). Essas áreas de risco aumentam na medida em que ocorre um aumento significativo da área urbana entre 2008 e 2030, de 1.141,06 km², representando um acréscimo de 254,45 km de áreas de risco.

Até 2030, a área urbana da RMSP sofrerá uma expansão de aproximadamente 38,7%, ou seja, passará a ter uma extensão de 3.254,23 km². Com esse aumento, a região passará a ter 806,79 km² de áreas sujeitas a risco de enchentes e inundações (somando-se as áreas de 2008 com as projeções futuras), o que representaria uma variação de 46,07% no período. É um aumento significativo e, como se observa (Figura 42), as áreas de risco se intensificam na direção dos mananciais de abastecimento (Sistema Alto Tietê¹⁹, na Zona Leste, e sistemas Billings²⁰ e Guarapiranga²¹, na Zona Sul).

A situação dos mananciais é preocupante, pois a

Cantareira²², Serra do Mar e São Lourenço da Serra.

São áreas constituídas por um conjunto de terrenos de encostas íngremes e aluviões que exigem cuidados especiais para implantação de qualquer tipo de ocupação urbana. Trata-se de uma associação de terrenos instáveis, devido à erosão de regiões elevadas das cabeceiras com maior energia fluvial e escoamento superficial.

Na Tabela 12, verifica-se que aproximadamente 4,27% das áreas de expansão poderão constituir novas áreas de risco de deslizamentos. Esse percentual, aparentemente reduzido, representa

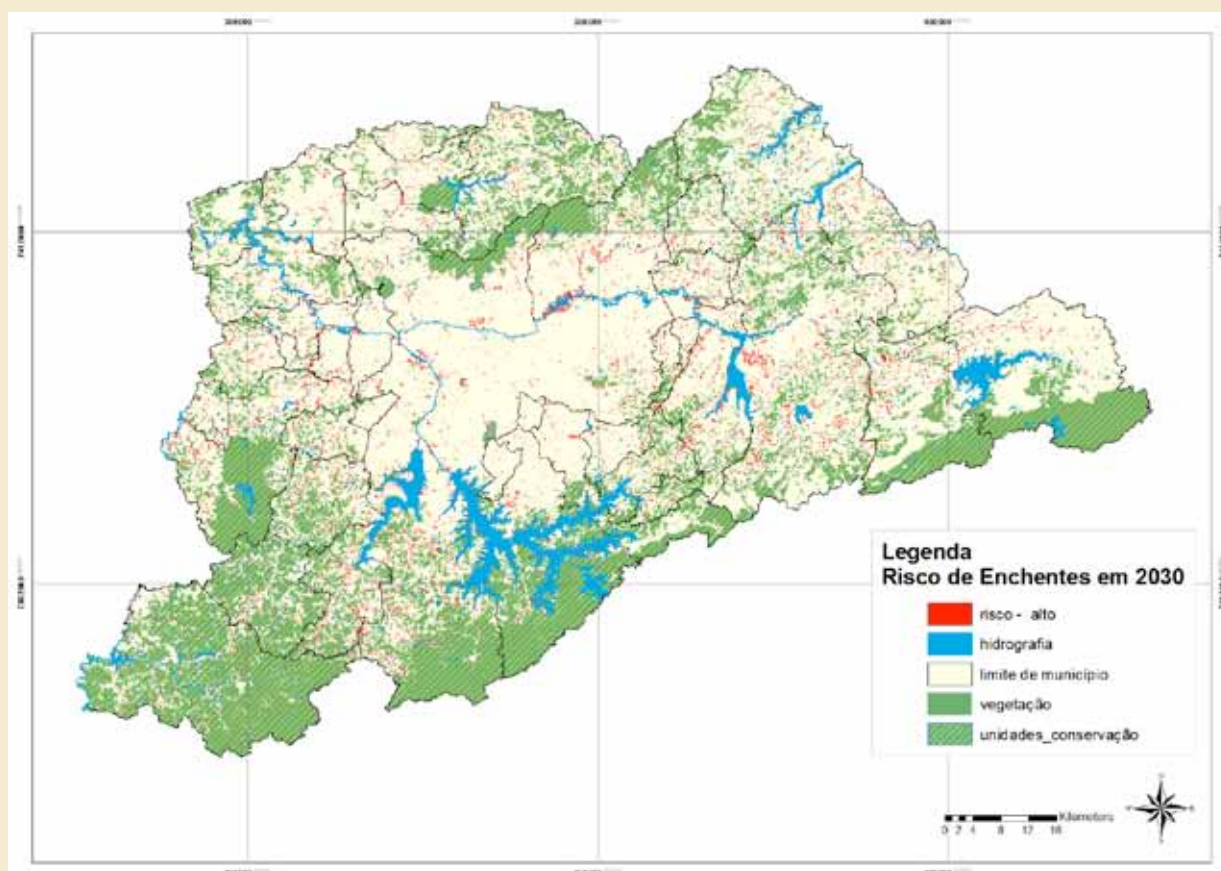


Figura 42: Identificação das áreas vulneráveis a enchentes e inundações em 2030.

ocupação dessas áreas já se encontra avançada, principalmente nas bacias hidrográficas da Billings e Guarapiranga (veja apêndice 6).

Do mesmo modo, porém considerando a integração dos mapeamentos das áreas de risco de deslizamento (do capítulo 7) com as áreas de expansão futura, foram identificadas as áreas vulneráveis a deslizamentos em 2030 (Figura 43). Obviamente, o mapeamento revela que essas áreas estão localizadas principalmente na Serra da

19. A cabeceira do Sistema Alto Tietê tem 1.889 km² de área de drenagem e é constituída pelos rios Tietê (desde sua nascente até a divisa com Itaquaquecetuba), Claro, Paraitinga, Biritiba- mirim, Jundiá e Taiaçupeba-mirim. Nessa bacia, estão presentes os reservatórios Ribeirão dos Campos, Ponte Nova (no município de Salesópolis), Jundiá (em Mogi das Cruzes), Taiaçupeba (na divisa de Mogi das Cruzes e Suzano), Biritiba (em Biritiba-Mirim) e Paraitinga (em Salesópolis), tendo sido os dois últimos recentemente concluídos (ISA, 2003).

20. A represa Billings é o maior reservatório de água da Região Metropolitana de São Paulo. Seu espelho d'água possui 10.814,2 hectares, correspondendo a 18% da área total de sua bacia hidrográfica, que ocupa um território de 58.280,32 ha (582,8 km²), localizado na porção sudeste da RMSP, fazendo limite, a oeste, com a Bacia Hidrográfica da Guarapiranga e, ao sul, com a Serra do Mar. Sua área de drenagem abrange integralmente o município de Rio Grande da Serra e parcialmente os municípios de Diadema, Ribeirão Pires, Santo André, São Bernardo do Campo e São Paulo.

Tabela 11: Projeção das áreas suscetíveis a risco de enchente se inundações em 2030

Ano	Área urbana consolidada (km ²)	Área de risco (km ²)	Área de risco (%)	Varição (%)
2008	2345,28	552,34	23,55	46,07
Período	Aumento da área urbana no período (km ²)	Área de risco (km ²)	Área de risco (%)	
2008-2030	1141,06	254,45	22,30	
Ano	Projeção da área urbana total (km ²)	Área de risco total (km ²)	Área de risco (%)	
2030	3254,23	806,79	24,79	

Área de risco (km²) - significa o quanto foi medido em termos absolutos.

Área de risco (%) - significa a representatividade em termos percentuais.

Varição (%) - significa o quanto variou no período de 2008/2030.

uma variação de mais de 200% no período, o que significaria dizer que as áreas sujeitas a deslizamento poderão triplicar em termos de extensão, passando de 21,21 km² para 69,88 km².

Atualmente, apesar das áreas de risco de deslizamento constituírem menos de 1% da região ocupada da RMSP, já apresentam sérios problemas em virtude da intensificação das chuvas no verão.

Segundo a Prefeitura Municipal de São Paulo, em 2010, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) realizou um estudo onde identificou 669 setores da capital sujeitos a risco de deslizamento.

A história revela que a RMSP se expandiu transformando significativamente as características geomorfológicas de seu sítio. Vários estudos sobre a expansão urbana da

região metropolitana (apêndice 6) mencionam o espalhamento da metrópole, entretanto poucos estabelecem relações com a questão dos riscos ambientais.

Essa expansão se propagou por todos os tipos de terrenos: várzeas, encostas dos morros, divisores de águas e as serras que limitam a bacia sedimentar. Para que todos os espaços pudessem ser capitalizados, foi preciso implantar todo o tipo de estrutura urbana que, de certo modo, serviu para sujeitar os atributos naturais, aterrando e drenando áreas úmidas, mudando cursos dos rios, canalizando e retificando meandros, drenando e rebaixando o lençol freático, removendo vegetação nativa, eliminando o solo, alterando a topografia original.

Muitos dos problemas socioambientais que ocorrem na metrópole da atualidade demonstram que houve um crescimento acima de suas

Tabela 12: Projeção das áreas suscetíveis a risco de deslizamento em 2030

Ano	Área urbana consolidada (km ²)	Área de risco (km ²)	Área de risco (%)	Varição (%)
2008	2345,28	21,21	0,90	229,47
Período	Aumento da área urbana no período (km ²)	Área de risco (km ²)	Área de risco (%)	
2008-2030	1141,06	48,67	4,27	
Ano	Projeção da área urbana total (km ²)	Área de risco total (km ²)	Área de risco (%)	
2030	3254,23	69,88	2,15	

Área de risco (km²) - significa o quanto foi medido em termos absolutos.

Área de risco (%) - significa a representatividade em termos percentuais.

Varição (%) - significa o quanto variou no período de 2008/2030.

21. A Guarapiranga é um dos principais mananciais da RMSP, drena uma área total de 63.911 hectares. Abastece 3,8 milhões de pessoas residentes na Zona Sudoeste da capital paulista, incluindo as regiões de Santo Amaro, Morumbi, Pinheiros e Butantã. É também o mais ameaçado entre todos os que abastecem a RMSP. O quadro é preocupante. A população que vive ao redor da represa aumentou em quase 40% nos últimos anos (1991 e 2000) e é estimada em 800 mil pessoas (ISA, 2003).

22. O Sistema Cantareira possui uma área de aproximadamente 2.279,5 km² e abrange 12 municípios, sendo quatro deles no estado de Minas Gerais (Camanducaia, Extrema, Itapeva e Sapucaí-Mirim) e oito em São Paulo (Bragança Paulista, Caieiras, Franco da Rocha, Joanópolis, Nazaré Paulista, Mairiporã, Piracaia e Vargem). É composto por cinco bacias hidrográficas e seis reservatórios interligados por túneis artificiais subterrâneos, canais e bombas, que produzem cerca de 33 m³/s para o abastecimento da RMSP, o que corresponde a quase metade de toda a água consumida pelos habitantes da Grande São Paulo (ISA, 2003).

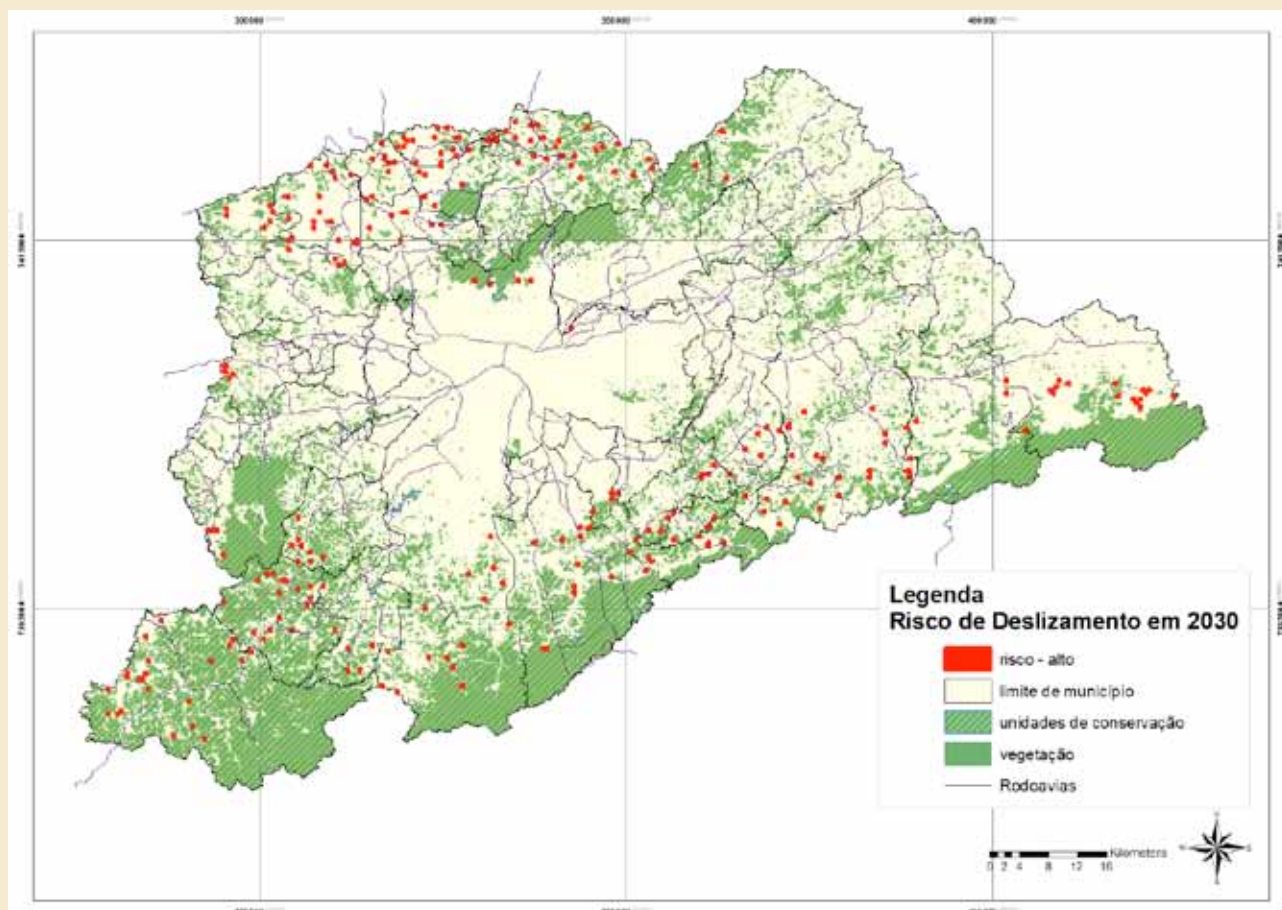


Figura 43: Identificação das áreas vulneráveis ao risco de deslizamento em 2030.

condições de absorção dos impactos decorrentes de sua estruturação urbana.

Essa estruturação foi moldando a paisagem da megacidade paulistana. Trata-se de uma metrópole cada vez mais inóspita, poluída e dependente de suporte tecnológico sofisticado para superar e solucionar problemas sociais decorrentes da expansão urbana. Logo, não seria muito difícil compreender o que aconteceria no futuro se essa megacidade crescesse e se espalhasse dentro da mesma lógica de uso e ocupação do presente.

capítulo 9

Mudanças climáticas e implicações na saúde

As mudanças climáticas poderão provocar uma série de impactos que deixarão vulneráveis milhões de pessoas, especialmente as de baixa renda, que enfrentarão com mais dificuldade os problemas relativos à sobrevivência e à adaptação.

Segundo projeções relacionadas às mudanças climáticas (IPCC, 2007; MARENGO et al., 2009), até 2100 a temperatura no Brasil poderá subir de 2° C até 4° C em relação à temperatura média aferida entre 1961 e 1990. Nesse caso, a frequência e a intensidade das ondas de calor tenderão a aumentar. O impacto do calor extremo no verão tenderá a ser mais exacerbado por causa da umidade relativa do ar, associada à frequência de chuvas mais intensas.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) avaliam que as condições de conforto térmico afetarão milhares de pessoas, uma vez que estão relacionadas ao clima e à forma de apropriação e interação com os espaços locais e/ou regionais (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2009).

Em geral, populações carentes sofrem mais com o calor excessivo e têm dificuldades de adaptação às novas condições em virtude da falta de recursos financeiros e, conseqüentemente, das condições de moradia. Também as áreas urbanas são mais afetadas que as rurais, sobretudo por causa da abundância de superfícies que retêm o calor. Desse modo, o aumento de temperatura afetará a saúde humana de diversas maneiras e em diferentes proporções na população humana (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2009).

De acordo com Saldiva (1994), as pessoas poderão sofrer alterações fisiológicas, a maioria delas sem nenhuma manifestação clínica. Ressalta, ainda, que as respostas humanas podem levar muito tempo para se manifestar. O resultado da exposição à radiação UV ou a poluentes atmosféricos pode

aparecer depois de décadas. A Figura 44 sumariza os principais impactos das mudanças climáticas na saúde humana.



Figura 44: Esquema dos efeitos das mudanças climáticas sobre a saúde humana.

Acredita-se que haverá um aumento no número e na gravidade de condições bem definidas, como doenças cardíacas, asma e infecções. Mortes decorrentes de ondas de calor estão relacionadas a doenças cardiovasculares, cerebrovasculares e respiratórias e se concentram, principalmente, entre pessoas idosas e indivíduos com doenças preexistentes (SALDIVA, 1994).

Alguns impactos poderão ser observados nos próximos anos, por exemplo, aqueles relacionados a alérgenos. De acordo com Epstein (2005), a elevação do CO₂ aumenta a sincronização e a liberação de alérgenos biogênicos, tais como o pólen de plantas, que promove o crescimento e a esporulação de alguns fungos de solo. Invernos mais quentes podem resultar num início mais precoce da estação de pólen de grama ou de outras

plantas, aumentando suas concentrações na atmosfera. Partículas provenientes do diesel são agravantes, pois transportam esses alérgenos para os pulmões. Mudanças climáticas associadas podem, assim, aumentar a incidência de rinite alérgica e asma e a intensidade e duração dos sintomas.

Ainda segundo Epstein (2005), nas últimas duas décadas, a prevalência de asma quadruplicou nos Estados Unidos (EUA), em parte por causa de fatores relacionados ao clima. Dados epidemiológicos vêm confirmando a estreita relação entre doenças respiratórias e poluição atmosférica e/ou mudanças climáticas (IANNI e QUITERIO, 2006).

Além de contribuir para as mudanças climáticas globais, as emissões de automóveis são responsáveis por alterações climáticas em menor escala, como ilhas de calor no centro dos grandes conglomerados urbanos. Apesar da pequena escala desses gradientes, relativa à taxa de variação da temperatura ou mesmo das condições climáticas, a alta densidade populacional em áreas metropolitanas coloca em risco um grande número de indivíduos (HAINES e PATZ, 2004). Por esse motivo, a maior parte do impacto das mudanças climáticas na saúde deverá ser experimentada no cenário urbano (EPSTEIN, 2005).

Do mesmo modo, as enchentes e inundações constituem os desastres naturais mais frequentes da atualidade, ocasionando aproximadamente 100.000 mortes e impactando dois bilhões de pessoas por ano em todo o mundo. É esperado que as enchentes e inundações aumentem à medida que a temperatura global se torne mais elevada (CURRIERO et al, 2001).

Nesse caso, os impactos na saúde podem ser divididos em imediatos, de médio e longo prazos. Os imediatos incluem afogamentos e ferimentos das vítimas ao serem atiradas contra objetos quando levadas pela correnteza. Os de médio prazo constituem as doenças que podem ocorrer devido à ingestão de água contaminada (doenças intestinais e hepatite A) ou contato com água contaminada (leptospirose). A chuva excessiva facilita a aproximação de esgotos a céu aberto dos reservatórios de água potável, aumentando a probabilidade de doenças transmitidas pela água (CURRIERO et al., 2001).

Doenças infecciosas costumam estar

relacionadas a esses fenômenos. Após o furacão Katrina, que destruiu a cidade de Nova Orleans, em 2005, ocorreu uma epidemia de gastroenterite²³ aguda causada por um vírus que afetou cerca de 40% das crianças e 21% dos adultos refugiados (EPA, 2007).

Além das fatalidades diretas, tempestades intensas e furacões levam a um aumento de doenças psiquiátricas, como ansiedade e depressão (HAINES e PATZ, 2004). Os efeitos no longo prazo incluem aumento de suicídios, alcoolismo e desordens psicológicas, especialmente em crianças (HAINES e PATZ, 2004).

De modo geral, prevê-se que a incidência dos eventos extremos aumente o número de mortes, danos físicos (traumas), doenças respiratórias e diarreicas, desnutrição (especialmente infantil), além de impactos na saúde mental (EPA, 2005).

Segundo o IPCC (2007), além das mortes promovidas diretamente pela ocorrência de um evento extremo e dos impactos desse evento na infraestrutura local e nos recursos naturais, as mudanças climáticas podem levar a um aumento da subnutrição, à disseminação de doenças transmitidas pela água ou por outros vetores e ao aumento da frequência de doenças cardiorrespiratórias pela poluição atmosférica. Soma-se a essa lista a redução da produtividade da população afetada e o aumento dos gastos com medicamentos e cuidados com a saúde.

Nas últimas três décadas, problemas de ordem social acrescidos das mudanças na temperatura, umidade do ar e na biodiversidade, que alteram o equilíbrio entre predadores, competidores e presas e impedem que pestes e patógenos fiquem sob controle, contribuíram para o ressurgimento de doenças infecciosas (EPSTEIN, 2005).

Alterações na temperatura e na umidade do ar contribuem para a proliferação de agentes infecciosos. Para os mosquitos, o aquecimento impulsiona o número de refeições de sangue e prolonga sua estação de reprodução. Inundações

podem tirar os roedores de suas tocas, propiciar locais adequados para a reprodução de mosquitos e o crescimento de fungos nas casas, bem como despejar patógenos²⁴, nutrientes e substâncias químicas nos cursos d'água. Bactérias, fungos e vírus também são especialmente sensíveis e podem crescer rapidamente em condições mais quentes (CONFALONIERI, et al., 2009).

Além disso, as doenças transmitidas por vetores dependem de outros fatores, como o movimento de populações humanas e de animais, a deficiência do sistema de saúde pública, mudanças do uso de terra e a manifestação de resistência a drogas que passam a não surtir mais efeito. Os problemas de saúde exercerão pressão na infraestrutura de saúde, podendo levar à sobrecarga dos serviços, com níveis de ocupação e degradação elevados (CONFALONIERI, et al., 2009).

A falta de água potável será outro fator crucial, contribuindo para o aumento das doenças entre as populações, piorando um quadro que hoje já é crítico. A ONU estima que 20% da população mundial em trinta países já estejam sofrendo atualmente com a escassez de água e mais de 2,4 bilhões não possuem saneamento básico (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2009).

Segundo previsões da Unesco (2007), 1,8 bilhões de pessoas poderão enfrentar escassez crítica de água e dois terços da população mundial serão afetados em 2025. As mudanças climáticas colocam em risco a qualidade e a quantidade da água em muitos países (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2009).

Outro problema relacionado à saúde poderá decorrer do aquecimento das águas superficiais do mar. Em geral, as águas costeiras estão contaminadas com esgoto e dejetos de indústrias, e altas temperaturas estimulam o crescimento de patógenos como o vibrião colérico. As modificações climáticas poderão causar transtornos nas correntes marítimas, prejudicando o crescimento do krill, crustáceo que é a base da cadeia alimentar das espécies marinhas, resultando numa diminuição da oferta de alimento a comunidades consumidoras de pescado e frutos do mar (HAINES e PATZ, 2004).

23. A gastroenterite virótica é uma infecção causada por vírus ou bactéria, que ataca o estômago e o intestino delgado. A incidência é maior nos locais em que não existe tratamento de água, rede de esgoto, água encanada e destino adequado para o lixo. United States Environmental Protection Agency. Climate Change - Health and Environmental Effects [monography on the Internet]. EPA [cited 2007 Nov.]. Available from: <http://epa.gov/climatechange/effects/health.html>.

24. Pode ser chamado de patógeno um agente com potencial agressivo ao homem. Por exemplo, uma bactéria ou um vírus podem ser considerados patógenos.

O aquecimento das águas superficiais poderá ainda aumentar a concentração de toxinas em peixes e frutos do mar, elevando o número de envenenamentos por sua ingestão (HAINES e PATZ, 2004).

O eventual aumento desse fenômeno terá impactos negativos na produção de alimentos. A fome e suas consequências para a saúde constituem o resultado mais óbvio dessa situação. A fome epidêmica leva à baixa resistência do sistema imunológico, à migração e a problemas socioeconômicos. Juntos, esses fatores aumentam o risco de infecções. Más condições sanitárias, causadas entre outras razões pela falta de água, aumentam a incidência de doenças diarreicas (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2009).

Secas prolongadas podem também enfraquecer as defesas das árvores contra pragas e levar a incêndios florestais, que podem causar queimaduras, doenças respiratórias e mortes, além de espalhar vetores, como o mosquito transmissor da malária, para centros urbanos (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2009).

Espera-se que a mudança no regime das chuvas, secas e também modificações da cobertura de vegetação sejam responsáveis por uma perda significativa da produtividade, com consequentes prejuízos à segurança alimentar, aumentando a possibilidade de fome e desnutrição (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2009).

A mudança climática poderá provocar ainda a migração de doenças de clima quente para zonas mais temperadas e um recrudescimento dos vetores de doenças mais comuns, causando pandemias. A migração de pessoas também poderá ocorrer, gerando transtornos para as regiões receptoras que não estiverem preparadas. Os sistemas de saúde precisarão se readequar para dar conta dessas demandas (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2009).

Mudanças climáticas e efeitos sobre a saúde na RMSP

É oportuno fazer uma exposição de alguns conceitos sobre a relação entre saúde humana e o meio ambiente. De maneira mais abrangente, as alterações ambientais causadas pelas mudanças climáticas podem, principalmente nas grandes cidades, afetar a saúde da população através de

diferentes mecanismos. Os principais fatores podem ser resumidos da seguinte forma:

- a) Episódios de extremos de temperatura (ondas de calor);
- b) Episódios de extremos de pluviosidade (chuvas intensas, tempestades);
- c) Aumento da incidência de doenças infecciosas;
- d) Aumento das concentrações de poluentes atmosféricos;
- e) Pressão decorrente de migrações (deslocamentos temporários ou não, causados pela pressão gerada a partir das mudanças climáticas).

Cada um dos aspectos expostos será abordado de forma isolada, visando simplificar sua exposição. Evidentemente, cada um dos temas possui amplas relações com os demais, aumentando de forma bastante significativa a complexidade analítica, extremamente relevante para a Região Metropolitana de São Paulo.

Os efeitos à saúde da população devido à exposição aos fatores ambientais são diversos, exibindo diferentes níveis de intensidade e manifestando-se com tempos diferenciados de latência: efeitos comportamentais e cognitivos, inflamação pulmonar e sistêmica, alterações das vias aéreas, do tônus vascular e do controle do ritmo cardíaco, alterações reprodutivas, morbidade e mortalidade por doenças cardiorrespiratórias e aumento da incidência de neoplasias, entre outros (SOUZA & MACEDO, 2010).

Dada a multiplicidade de desfechos e vários níveis de gravidade possíveis, é necessária a definição, de forma objetiva, de efeito adverso à saúde. A partir dessa definição, é possível selecionar quais seriam os eventos, desde alterações comportamentais, até mortes, que seriam úteis para se determinar o impacto que alguma modificação ambiental terá sobre a população exposta (SOUZA & MACEDO, 2010).

Diferentes efeitos adversos à saúde humana podem ser causados por fatores ambientais, alguns deles manifestando-se de forma aguda – horas ou dias após a exposição – enquanto outros são evidenciados somente após longos períodos de exposição – os chamados efeitos crônicos. Tanto os efeitos agudos como os efeitos crônicos podem exibir diferentes níveis de gravidade, abrangendo uma gama de efeitos que oscilam do desconforto vago até (como

desfecho de maior gravidade) a morte (SOUZA & MACEDO, 2010).

Alguns exemplos ajudam a esclarecer essas ideias. Quando ocorrem alterações ambientais (variações climáticas e poluição), uma grande fração da população apresenta alterações cognitivas ou irritabilidade não específicas. Uma menor proporção dos indivíduos expostos deverá apresentar aumento de marcadores de inflamação subclínica. Em uma proporção menor, essa inflamação poderá acarretar alterações funcionais, como alteração de pressão arterial e obstrução de vias aéreas (SOUZA & MACEDO, 2010).

Em um nível de gravidade maior, indivíduos que utilizam medicação cronicamente para o controle de doenças respiratórias e cardíacas (asma e hipertensão arterial, por exemplo) necessitarão de uma maior quantidade de medicamento para controlar a sua doença frente às alterações ambientais. Haverá aqueles que procurarão o médico para consultas ou, nos casos mais graves, serão internados em pronto-socorros ou hospitais. Finalmente, uma parte dos afetados morrerá no dia ou em poucos dias, em virtude dos efeitos da poluição ou dos extremos climáticos e ambientais a que foram expostos. (SOUZA & MACEDO, 2010).

A definição de efeito adverso à saúde deve ser necessariamente acompanhada da caracterização dos grupos mais suscetíveis. O aumento da suscetibilidade aos poluentes e fatores climáticos é dependente de fatores individuais, ambientais, socioeconômicos e das condições de moradia (SOUZA & MACEDO, 2010).

Entre os fatores de natureza individual, os mais importantes são idade, morbidades associadas e características genéticas. Os extremos da pirâmide etária têm sido consistentemente apontados como alvos preferenciais da ação adversa dos poluentes atmosféricos, especialmente nos segmentos abaixo de 5 e acima dos 65 anos de idade. Morbidades associadas, tais como asma, bronquite crônica, doença aterosclerótica, diabetes mellitus, miocardiopatias e arritmias cardíacas estão entre as condições patológicas sabidamente predisponentes da suscetibilidade aos efeitos dos fatores ambientais (SOUZA & MACEDO, 2010).

O tipo de construção afeta o grau de penetração dos poluentes e o gradiente térmico no interior das residências. Assim, as condições de moradia afetam a dose recebida e, conseqüentemente, a suscetibilidade aos poluentes, bem como interferem no conforto térmico. Nos grandes centros urbanos, onde o fenômeno das ilhas

de calor se manifesta com mais frequência, as condições ambientais locais prejudicam a dispersão dos poluentes. Áreas vizinhas aos grandes corredores de tráfego, os baixios dos viadutos e regiões sujeitas a constantes congestionamentos são pontos que condicionam maior risco aos seus habitantes (SOUZA & MACEDO, 2010).

Fatores socioeconômicos, como renda, condições de moradia e escolaridade, estão relacionados ao aumento da suscetibilidade aos poluentes atmosféricos. Do mesmo modo, fatores ambientais decorrentes da proximidade de grandes rodovias e eixos viários, pólos industriais e mineração também constituem agravantes. A cidade de São Paulo é um exemplo eloquente do papel desses fatores no grau de suscetibilidade presente (MARTINS et al., 2002; 2006).

Neste estudo, foi demonstrado que, para o mesmo incremento de poluição, a magnitude do efeito à saúde é amplificada pela piora das condições socioeconômicas e ambientais. A Figura 45 apresenta, de forma simplificada, a relação entre incremento da mortalidade (para uma elevação de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de material particulado) em função do aumento da precariedade das condições socioeconômicas e ambientais.

A equação que explica de maneira simplificada essa relação, a partir dos dados analisados, é descrita a seguir:

$$Y = X + 1,33$$

Onde:

Y = incremento da mortalidade

X = condições socioeconômicas e ambientais

O incremento da mortalidade está relacionado a uma associação de fatores, tais como: maior tempo de exposição ao tráfego de veículos (pela distância entre moradia e emprego); menor acesso aos serviços de saúde e, portanto, menor capacidade de controle de doenças crônicas (por exemplo, diabetes e hipertensão); exposição a condições ambientais insalubres (como áreas de mineração, indústrias); ou ainda moradias com maior permeabilidade de poluentes (próximas de rodovias ou eixos viários). Esses são, muito provavelmente, os substratos básicos da vulnerabilidade social em relação a poluentes atmosféricos e variações climáticas.

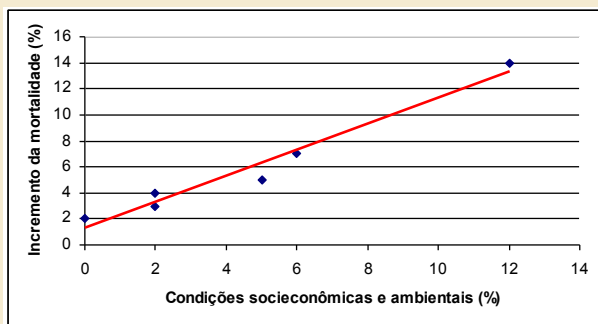


Figura 45: Aumento da mortalidade causada por poluentes atmosféricos em função da piora das condições socioeconômicas e ambientais.

Fonte: Baseado no trabalho de Martins *et al.* (2004).

Esse aspecto é muito importante, pois em uma cidade onde as pessoas se deslocam intensamente, a estimativa do risco não pode ser feita somente com base nas concentrações ambientais obtidas a partir de redes fixas. Há que se considerar a dose (em função do meio de transporte, moradia e tempo de permanência no trânsito) e a vulnerabilidade do receptor.

A Figura 46 apresenta uma estimativa espacial da vulnerabilidade a poluentes atmosféricos

associada ao risco de doenças respiratórias, utilizando os coeficientes obtidos no trabalho de MARTINS *et al.* (2006).

Tais coeficientes apresentados na equação linear simplificada foram considerados para a elaboração do mapa de vulnerabilidade a doenças respiratórias, através da interpolação dos dados. Assim, quanto piores as condições socioeconômicas e ambientais (%), maior o incremento de mortalidade por doenças respiratórias (%).

Como se pode notar, as áreas em vermelho representam as localidades próximas dos principais eixos viários, indústrias e mineração, bem como aquelas ocupadas por assentamentos urbanos precários (por exemplo, favelas e conjuntos habitacionais de baixa renda). Nessas condições, o risco de doenças respiratórias associadas à poluição é de 14%. A malha urbana da RMSP é representada pela mancha cinza do mapa, que apresenta um risco de 2%. As demais áreas remanescentes não apresentam risco, pois constituem as áreas de proteção ambiental.

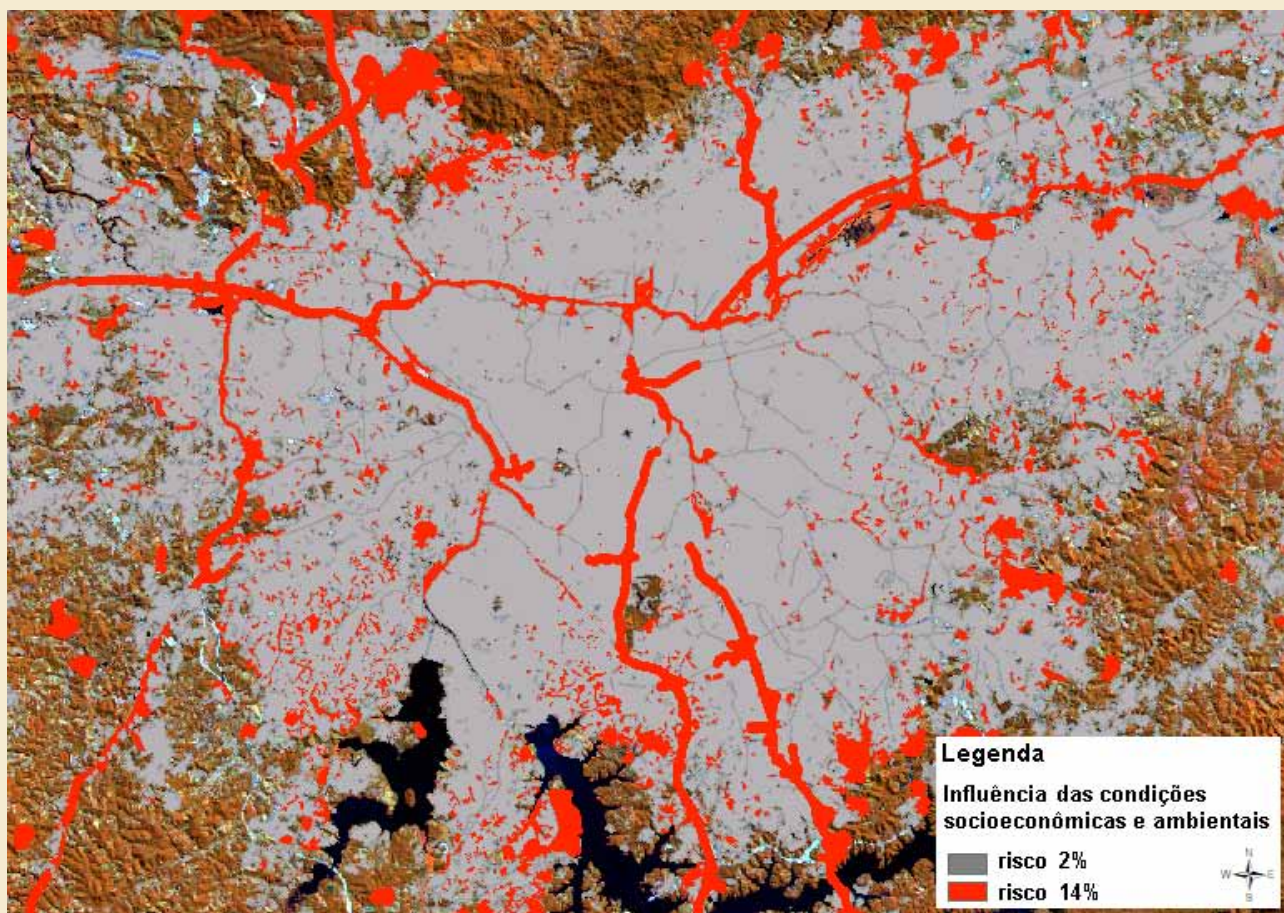


Figura 46: Estimativa espacial da vulnerabilidade baseada no aumento da mortalidade causada por doenças respiratórias associadas a poluentes atmosféricos presentes no ambiente (baseado em Martins *et al.*, 2004).

Aumento das concentrações de poluentes em função das variáveis meteorológicas

Em face do aquecimento global, é esperado que alguns poluentes tenham a sua concentração aumentada, notadamente os gases e partículas gerados a partir de processos fotoquímicos atmosféricos. Partículas de aerossol secundário (nitratos e sulfatos), que se situam na faixa de tamanho inferior a $2,5\mu\text{m}^{25}$ (MP2,5)²⁶, e gases oxidantes (ozônio) são os principais constituintes dos “smog” fotoquímico (LPAE/FMUSP, 2007).

Em termos gerais, a cada incremento de $10\mu\text{g.m}^{-3}$ de MP2,5 e de ozônio, é esperado um aumento de 6% e 0,3% da mortalidade geral, respectivamente, na RMSP. Assim como descrito para os extremos de temperatura, os segmentos mais afetados são os idosos, as crianças, os portadores de doenças crônicas dos sistemas respiratório e cardiovascular, e, finalmente, os segmentos menos favorecidos do ponto de vista socioeconômico (LPAE/FMUSP, 2007).

Além de atingir diretamente a saúde humana, a poluição também interfere no microclima da cidade, alterando a física da atmosfera por meio da quantidade de aerossóis injetados no ar e, dessa forma, modificando a quantidade de nuvens alterando o balanço térmico e radiativo da atmosfera (NOVAKOV & PENNER, 1993; SEMPÉRE & KAWAMURA; CRUZ & PANDIS, 1997). Com isso, gera desequilíbrio no regime de precipitação, alterações climatológicas e muda a atuação de vários fenômenos, como o desaparecimento da garoa em São Paulo (XAVIER, 1994).

Nos grandes centros urbanos e poluídos como São Paulo, a influência meteorológica é ainda mais acentuada e as condições atmosféricas interferem na dispersão dos poluentes (Ccoyllo, 2002; Freitas, 2003), podendo ocorrer

aprisionamento dos poluentes nas camadas mais baixas da atmosfera.

Um exemplo da gravidade desse fenômeno pode ser lembrado através do “smog” fotoquímico ocorrido em 1952 em Londres, responsável pela morte de 4.000 pessoas (MARTIN & BRADLEY, 1960). Diante disso, torna-se importante analisar a poluição e o clima, pois quando se estuda a cidade de São Paulo, esses fatores devem ser analisados em conjunto.

Em estudo preliminar (Coelho-Zanotti, 2006), foram analisados os poluentes e as variáveis meteorológicas para identificar como esses “efeitos conjuntos” influenciam nas doenças respiratórias. Através de técnicas estatísticas construiu-se um “índice biometeorológico”.

Verificou-se que, quando se soma o efeito dos poluentes com o frio, os habitantes poderão ficar vulneráveis durante quase uma semana. Assim, uma determinada semana de baixas temperaturas em São Paulo pode ser letal.

Através de técnicas estatísticas, mostrou-se também que os poluentes e as variáveis meteorológicas explicam em média 70% da variância captada das internações por doenças respiratórias. As doenças do trato respiratório superior revelaram uma associação quando se consolida uma condição de frio e alta umidade (frio úmido) com os poluentes SO_2 e CO . Nas internações por doenças do trato inferior (asma, bronquite etc.) o frio úmido associado com o PM_{10} e O_3 , mostrou-se responsável pelas internações. No caso de doenças como pneumonia e influenza, além do efeito do PM_{10} , as baixas temperaturas também mostraram-se consideravelmente importantes para o desencadeamento dessas doenças.

Hoje a meteorologia tem condições de prestar um serviço considerável à sociedade no que diz respeito à previsão do tempo. Informações antecipadas poderão ser utilizadas para estimativas de demanda no setor de saúde, contribuindo na gestão de recursos humanos e econômicos. A Figura 47 mostra que o uso de simulações estatísticas na série de dados das doenças respiratórias poderá ajudar antecipadamente na demanda de internações. Nessa figura, temos gráficos que apresentam uma comparação entre dados observados e simulados relativos a casos de Afecções das Vias Aéreas Inferiores (AVAI).

25. Mícron, unidade comprimento do Sistema Internacional de Unidades, definido como um milionésimo de metro ($1 \times 10^{-6}\text{ m}$). Equivale à milésima parte do milímetro e sua abreviatura é μm .

26. Material particulado (MP) se refere a um conjunto de poluentes constituídos de poeiras, fumaças e todo tipo de material sólido e líquido que se mantém suspenso na atmosfera por causa do tamanho das partículas. As partículas inaláveis podem ser classificadas como partículas finas – MP2,5 ($< 2,5\mu\text{m}$) e partículas grossas ($2,5$ a $10\mu\text{m}$).

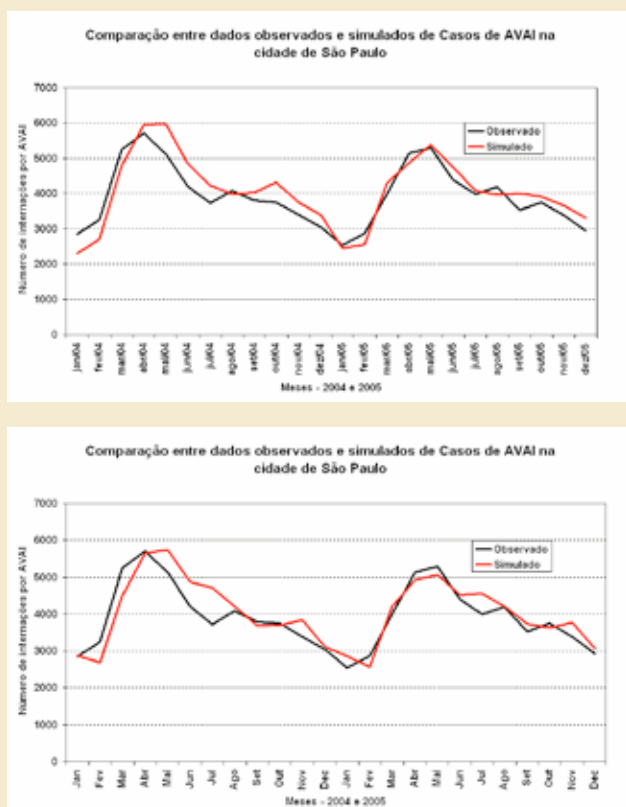


Figura 47: Estimativa de internações mensais para afecções das vias aéreas inferiores na RMSP: a) modelo ARIMA e b) modelo Holt-Winters (Coelho-Zanotti, 2010).

As doenças das vias aéreas inferiores foram analisadas através do Modelo ARIMA²⁷ (Autorregressivo integrado de média móvel) e observou-se, claramente, uma sazonalidade na variável AVAL com maiores valores de internações nos meses frios (outono e inverno).

Isso porque os resultados dessa pesquisa²⁸ mostraram que há uma forte associação entre poluentes e meses frios²⁹ e que os casos de doenças AVAL são significativamente explicados quando se consideram as variáveis meteorológicas.

Assim, comparando os dados meteorológicos observados (curvas em preto) com dados simulados (curvas em vermelho) é possível verificar que existe uma forte correlação entre as variáveis

mencionadas e, portanto, o aumento do número de casos de AVAL poderia ser explicado e previsto antecipadamente.

Episódios extremos de temperatura e efeitos sobre a saúde

Os seres humanos possuem uma faixa de temperatura ideal. Possuem a capacidade de se adaptar às condições do meio, fazendo com que o organismo funcione adequadamente dentro de uma faixa relativamente ampla de temperatura.

Episódios recentes de variações acentuadas de temperatura têm indicado, porém, que extremos de temperatura (dias muito frios ou muito quentes) estão associados a aumento de mortalidade. Em geral, os estudos indicam que os extremos da pirâmide etária (acima de 65 e abaixo dos 5 anos de idade) são aqueles que têm a saúde mais comprometida quando a temperatura ambiente fica fora da zona de conforto térmico.

O aumento da vulnerabilidade nessas faixas etárias da população é determinado pelas condições peculiares das crianças, que ainda não “amadureceram” o centro-termo-regulador, como também dos idosos, que apresentam senescência dos mecanismos reguladores de temperatura corpórea e do controle/necessidade de ingestão de água.

É importante ressaltar que estamos discutindo um desfecho bastante grosseiro de saúde, que é a antecipação da morte e que, certamente, representa a menor parte dos impactos à saúde. Alterações de mecanismos de regulação endócrina, de arquitetura do sono, de pressão arterial e do nível de estresse podem ser relacionados como fatores mais frequentes e de igual importância.

É importante ressaltar que a faixa de conforto térmico varia de região para região do planeta, não sendo a mesma, por exemplo, para Teresina ou Copenhague.

Essa faixa de conforto é definida pelo funcionamento de nossos mecanismos de regulação da temperatura corpórea e pelas condições de moradia, vestuário e nível socioeconômico.

Assim, em cada região do planeta, os indivíduos possuem um registro particular de conforto

27. Em inglês “autoregressive integrated moving average”.

28. Uma análise estatística com vistas à previsibilidade de internações por doenças respiratórias em função de condições meteorológicas na cidade de São Paulo. Micheline de Sousa Zanotti Stagliório Coelho. Universidade de São Paulo. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas. Departamento de Ciências Atmosféricas. 2007.

29. Verifica-se que em média os poluentes MP_{10} , SO_2 , CO e NO_2 têm seus maiores valores médios e diários nos meses de outono e inverno. Já o O_3 apresenta os maiores valores mensais e diários nos meses de primavera.

térmico arquivado na memória e, em cada uma dessas regiões, os segmentos menos favorecidos, do ponto de vista econômico e salutar, terão menor capacidade de se adaptar aos extremos de temperatura.

Com o aumento na frequência de extremos de temperatura, evidenciado pelas ondas de calor, os segmentos mais frágeis e vulneráveis da população, notadamente crianças, idosos e pessoas mais pobres, serão seriamente afetados por seus efeitos.

De acordo com o Jornal Tribuna On Line (publicado em 10/02/2010), não muito longe da RMSP, em Santos, um evento meteorológico extremo – o forte calor ocorrido na primeira semana de 2010 – matou 32 pessoas idosas. No dia das mortes, os termômetros mediram 39° C e, à noite, a umidade chegou a 21% (calor seco), condição meteorológica atípica e bastante desconfortável, mostrando que fenômenos extremos estão se tornando cada vez mais frequentes por causa das mudanças climáticas.

Do mesmo modo, a onda de calor de 2003 na Europa foi uma das mais fortes já registradas e provocou crises na saúde em vários países e consideráveis impactos na agricultura. Estima-se que 14.802 pessoas, a maioria idosos, morreram por causa das altas temperaturas, que chegaram a mais de 40° C em algumas regiões da Europa, segundo a BBC News (11 August, 2003). O país mais atingido foi a França, que teve grandes prejuízos devido à onda de calor.

Em 2010, o Serviço Nacional de Meteorologia dos EUA (National Weather Service-USA) alertou a população sobre a intensa onda de calor que se estendia do leste ao sul dos Estados Unidos e que poderia provocar sérios problemas de desidratação. Temperaturas tão altas (que variavam de 38° C a 40° C) não eram registradas desde 2001, afetando grandes áreas metropolitanas, como Boston, Nova York, Filadélfia e Washington.

Como se observa, os efeitos causados pelo aumento de temperatura são significativamente variados e atingem a população do mundo todo de maneira bastante adversa. Não se referem apenas a um efeito específico, como por exemplo, aumento considerável de extremos de chuva, mas a uma série de efeitos distintos e difusos.

As ondas de calor têm provocado muitas mortes,

justamente porque a maioria das pessoas, cidades e construções urbanas não estão preparadas e nem adaptadas às mudanças que estão ocorrendo.

Por mais que se tente prever eventos extremos, não se tem controle sobre sua dinâmica e funcionamento, assim, é necessário se adaptar, adequando o modo de vida à nova realidade o quanto antes, para evitar mais prejuízos e mortes.

Episódios extremos de pluviosidade e seus efeitos sobre a saúde

Como já mencionado neste documento, os modelos climáticos projetam maior frequência de dias com chuvas intensas. A RMSP encontra-se despreparada para a nova situação, a traduzir-se por enchentes e deslizamentos de terra que se propagam por todo o território. O tema, discutido com bastante profundidade nos capítulos 3 e 4, é também acompanhado de outro fator de risco, associado a um número elevado de doenças infecciosas de veiculação hídrica, ou seja, causadas pelo contato com água contaminada como: leptospirose, hepatite A, gastroenterite virótica, diarreias etc. Em episódios de chuvas intensas, que geralmente causam enchentes, inundações e deslizamentos, as pessoas entram em contato com a água contaminada por patógenos (agentes infecciosos).

Entre os múltiplos fatores que contribuem para a manutenção de elevados índices de contaminação, encontram-se as péssimas condições de saneamento básico, destacando-se a falta de coleta de lixo e de coleta e tratamento das águas residuais.

Em geral, os microrganismos patogênicos atingem o ambiente através de excrementos de animais ou seres humanos.

As águas das chuvas entram em contato com as águas residuais (sem tratamento) e superfícies contaminadas, favorecendo a infecção (ou contágio) por patógenos. Por esse motivo, o aumento de incidência de doenças infecciosas está muito associado às mudanças climáticas e seus efeitos, como será discutido a seguir.

Aumento da incidência de doenças infecciosas

Um dos efeitos tardios após as enchentes é a maior probabilidade de contrair doenças infecciosas de veiculação hídrica, notadamente as parasitoses intestinais, as hepatites virais (tipo A), a leptospirose e as enterovirose³⁰.

As chuvas intensas criam as condições para a formação de mosquitos transmissores de doenças como a dengue, a febre amarela e a malária. Esses criadouros podem ser acelerados pelo aumento da temperatura, que favorece a eclosão das larvas dos mosquitos vetores. Mais ainda, o aquecimento das regiões temperadas poderá propiciar a migração de doenças de cunho tropical (dengue e malária, por exemplo) para novas regiões do planeta.

Estudo feito para cidade de São Paulo mostra que a partir do 14º dia e se estendendo até o 18º após a ocorrência de um temporal (episódios que têm se tornado mais frequentes na RMSP, como demonstrando no capítulo 3), doenças como a leptospirose constituem mais um agravante, principalmente para áreas mais pobres e vulneráveis onde o contato com água contaminada é quase inevitável. Em resumo: choveu forte, inundou, depois de 14, 15, 16, 17 e 18 dias espera-se aumento de internações por leptospirose (Figura 48).

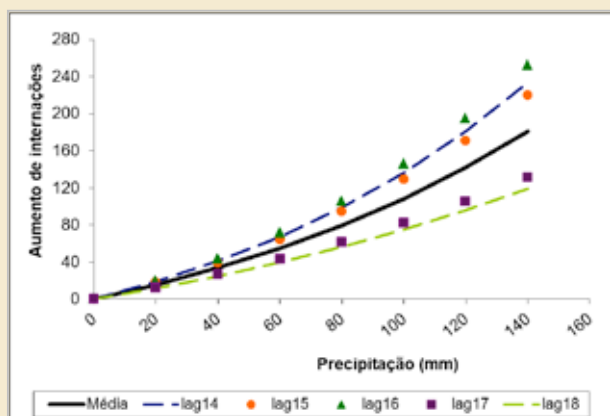


Figura 48: Estimativa do aumento de internações por leptospirose a cada 20 mm de chuva (Coelho-Zanotti, 2010).

O estudo ainda mostrou que a probabilidade de aumento dos casos de leptospirose inicia-se já nos meses de primavera e estende-se até o verão. Nota-se, contudo, que 30% das internações ocorreriam independentemente das condições meteorológicas, sugerindo que outros fatores (saneamento, moradia etc.) atuam para o aparecimento da doença (Coelho-Zanotti, 2007).

Com a mudança no clima, no entanto, as estações já apresentam desequilíbrios e chuvas fortes poderão ocorrer (como evento isolado) até mesmo nos meses de outono (Figura 49), que são considerados mais secos.

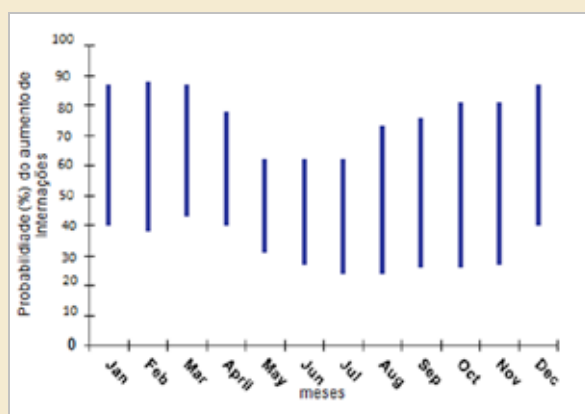


Figura 49: Probabilidade de internações por leptospirose distribuída ao longo do ano (Coelho-Zanotti, 2010).

Outra maneira de interpretar os dados acima seria assumir que o risco de contrair leptospirose em face da ocorrência de inundações obedece ao mesmo padrão descrito para a pluviosidade, como demonstrado na Figura 50.

Essa premissa é lógica, pois a *Leptospira icterohemorrhagica* (agente causal da leptospirose) atinge o ser humano a partir das inundações, ou seja, do contato com a água (das chuvas) contaminada.

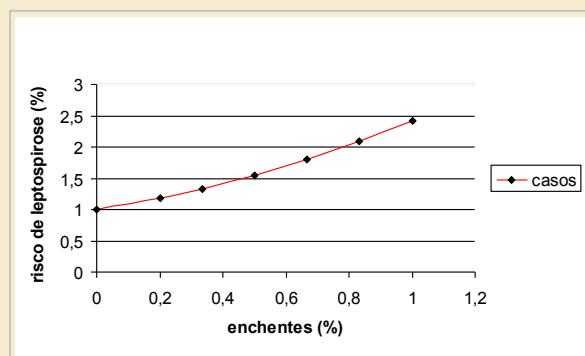


Figura 50: Representação do risco de contrair leptospirose em função do aumento percentual de eventos de enchentes na RMSP (Saldiva, 2010).

30. Doenças causadas por vírus, que acontecem mais nos meses quentes e acometem principalmente as crianças (6 meses a 7 anos).

Sob essa perspectiva, foi possível estimar o risco de contrair leptospirose em função da probabilidade de ocorrência de enchentes e apresentá-lo na forma de mapa contendo o aumento percentual da vulnerabilidade a essa doença por contaminação hídrica (Figura 51).

O risco de contrair leptospirose foi calculado em função do número de eventos de enchentes. Assim, a partir de dados sobre número de enchentes e casos de leptospirose foi gerada a seguinte equação:

$$\text{Risco} = 1,006 + 0,768x + 0,639x^2$$

Onde:

X = número de eventos de leptospirose

Nas localidades onde a probabilidade de ocorrência de enchentes seria maior, o número de eventos de leptospirose também seria. Logo, a associação dos resultados da equação com a localização permitiu a espacialização dos eventos através da interpolação dos dados (Figura 51).

Observa-se através do mapa de risco que as áreas mais vulneráveis a casos de leptospirose (risco muito alto) seriam aquelas próximas de rios, córregos e pontos de alagamento do CGE (em vermelho). Constituem, em geral, áreas de terrenos mais baixos (da planície fluvial) sujeitas a enchentes e alagamentos constantes em virtude das chuvas. Nesse caso, as enchentes perduram por horas.

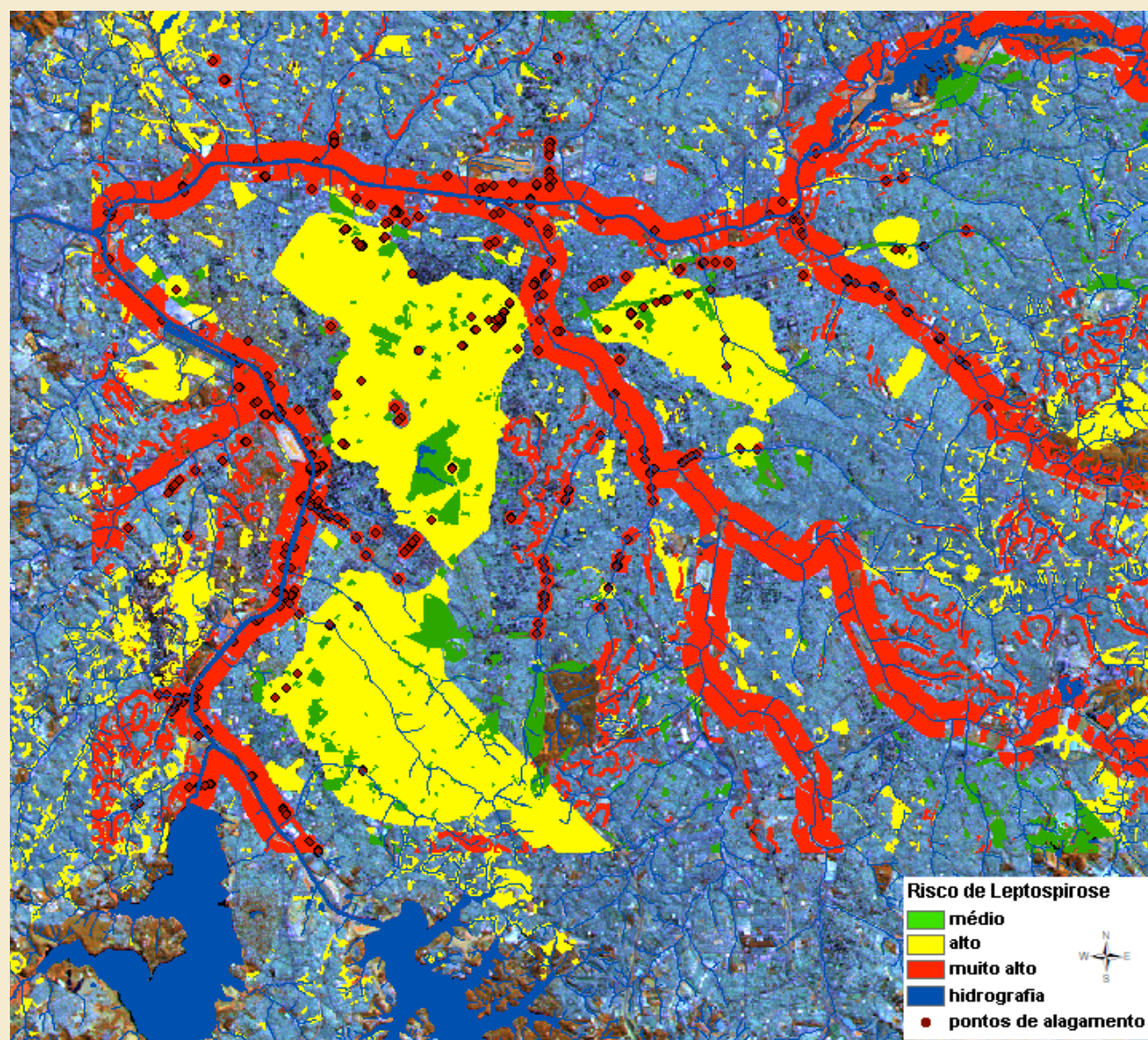


Figura 51: Estimativa das áreas vulneráveis sujeitas ao risco de leptospirose na RMSP.

As áreas sujeitas a alto risco de leptospirose (em amarelo) seriam aquelas localizadas também nas proximidades de corpos d'água, em áreas densamente urbanizadas. Constituem terrenos mais elevados e inclinados, onde cortes e aterros foram realizados inadequadamente; caracterizadas pela presença de grandes cruzamentos de avenidas e de túneis; com superfícies impermeabilizadas sujeitas a escoamento superficial intenso, enxurradas e alagamentos mais rápidos do tipo "flash flood".

As áreas sujeitas a risco médio (áreas verdes do mapa) se referem a praças e áreas verdes com presenças de corpos d'água em suas proximidades (por exemplo, córregos e ribeirões). São áreas mal planejadas em termos do uso e destino efetivo ou abandonadas pelo poder público, tais como várzeas e áreas públicas (praças, jardins etc.). O problema dessas áreas é que estão constantemente sendo ocupadas por populações pobres.

Nos registros oficiais, aparecem como praças, áreas verdes ou várzeas sem ocupação, mas na realidade podem existir pessoas morando nessas áreas, acima de córregos e ribeirões, constituindo verdadeiras obstruções para passagem das águas de chuva. Isso gera certa preocupação quanto à classificação final dessas áreas, porque podem na realidade estar mascarando áreas sujeitas a alto ou muito alto risco de leptospirose, caso as atualizações das informações não sejam constantemente realizadas. Como trabalhamos com dados anteriores a 2010, seguimos as classificações mencionadas nos registros.



Construções irregulares em margens de córregos em Poá-SP, 2006.
Foto: Acervo IG



Construção em palafita sobre curso d'água em Cotia-SP, 2006.
Foto: Acervo IG



Disposição de entulho e lixo em curso d'água em Cotia-SP, 2006.
Foto: Acervo IG





Parte 2

Adaptação e desafios

capítulo 10

Medidas de adaptação

Este capítulo se refere a uma sequência de considerações a respeito do termo adaptação, que foram analisadas sob o aspecto da estrutura de decisões, ou seja, como deveria se processar a implementação de medidas de adaptação dentro de uma lógica hierárquica e integrada. A partir desse entendimento, foram definidas algumas estratégias de adaptação para a Região Metropolitana de São Paulo.

O termo adaptação se refere a medidas que precisam ser tomadas, hoje, para se enfrentar os impactos físicos da mudança climática, tais como o aumento do nível do mar, tempestades e secas (ADGER et al., 2007; MENDELSON, 2000, SMIT et al., 2001).

Um primeiro aspecto importante é a diferença entre mitigação e adaptação. No caso da mitigação, o que se pretende é reverter ou eliminar, se possível por completo, os impactos causados por determinado evento deflagrador (difusor ou de propagação). Nesse caso, são propostas medidas ou ações que visem a redução dos impactos causados ao sistema (ou ambiente), como, por exemplo, a redução das emissões de gases de efeito estufa. Para tanto, são estabelecidos prazos de implantação e execução com metas e objetivos específicos (IPCC, 2001).

No caso da adaptação, as medidas não visam propriamente a redução dos impactos causados ao sistema e sim a assimilação destes. A adaptação pressupõe medidas imediatas que permitam conviver com os impactos causados por determinado evento. Em certa medida, os impactos também serão reduzidos porque seus efeitos deverão ser minimizados, mas o evento continuará a existir (IPCC, 2001).

Assim, parte-se do pressuposto que a mudança já está ocorrendo e que, provavelmente não é mais possível reverter-la. Desse modo, será

necessário adaptar-se. O aumento do nível do mar, por exemplo, é uma realidade com a qual será necessário conviver e, portanto, medidas de adaptação deverão ser implantadas (IPCC, 2001).

Outro aspecto fundamental é reconhecer que a adaptação é construída por indivíduos, grupos e governos. A adaptação pode ser motivada por muitos fatores, incluindo a proteção do bem estar econômico ou da melhoria da qualidade de vida das pessoas. Isso pode se manifestar de várias maneiras, por exemplo, através do mercado de câmbio (Smit et al., 2001); através de redes sociais (Adger, 2003); ou através de ações de indivíduos e organizações com objetivos individuais ou coletivos. Pode ser entendida como uma ação do indivíduo (autoproteção) ou ações do governo e entidades públicas que visem proteger os cidadãos (SMIT et al., 2006).

Esses níveis de ações se estruturam dentro de uma hierarquia, na qual os agentes dessa estrutura hierárquica interagem entre si. As ações de adaptação individual, portanto, não são autônomas, mas estabelecidas por processos institucionais determinados por estruturas regulatórias, direitos de propriedade e normas sociais com regras específicas. A estrutura hierárquica se estende além dos marcos regulatórios da nação (Artigo 3 - Nações Unidas - Convenção sobre Mudanças Climáticas).

As escalas de ação apropriadas à adaptação também se estendem para além da abordagem ou marco político, institucional e jurídico. A capacidade de adaptação de municípios, empresas, indústrias e instituições depende das limitações presentes, disponibilidades tecnológicas, sistemas regulatórios e conhecimento prévio dos riscos (LINDSETH, 2004; NASS et al., 2005).

A adaptação depende da escala e do contexto, não é independente desses aspectos de intervenção. Para isso, é necessário se estabelecer objetivos claros e consequentemente estratégias de adaptação bem definidas (LINDSETH, 2004; NASS et al., 2005; SMIT, 2006). Assim, o sucesso das medidas de adaptação dependerá:

1. da detecção do risco (com respectivos níveis de detalhamento técnico);
2. dos objetivos, critérios e justificativas adotados para intervenção;
3. da escala de implementação das ações (considerando a dimensão do território analisado e a dinâmica dos processos através de escalas/resoluções temporais e espaciais distintas);
4. da percepção do risco tanto pelo indivíduo como pela sociedade;
5. do contexto no qual se insere, ou seja, interfaces burocráticas, troca de informações, documentos e interações entre diferentes esferas e instituições para que se processem as medidas de adaptação.

No entanto, uma ação que é bem sucedida para um indivíduo ou instituição não pode ser entendida como uma garantia de sucesso para outra. Como vimos, o sucesso depende da escala, dos critérios adotados e do contexto, consequentemente, os critérios utilizados para uma determinada medida de adaptação não poderão ser adotados por outra instituição sem uma análise mais precisa (SMIT et al., 2006).

Adaptação envolve uma sequência de decisões interconectadas constituídas por agentes da sociedade civil, esfera pública e governos em diferentes níveis (locais, estaduais e nacionais). Esse processo envolve a criação de leis e regulamentações que vão dar origem à capacidade de adaptação visando a operacionalização das ações (SMIT et al., 2006).

As ações associadas à capacidade de construção da adaptação podem incluir a transferência de informações sobre as mudanças climáticas, construção da consciência sobre os potenciais impactos, manutenção do bem estar, proteção da propriedade e da terra, manutenção do crescimento econômico (através da exploração de novas oportunidades de negócio) (SMIT et al., 2006).

Os objetivos associados à implementação das

decisões de adaptação são mais amplamente focados na assimilação dos impactos cumulativos visando minimizar seus efeitos, garantindo que as medidas tomadas por uma determinada organização não gerem novos impactos adversos sobre outras instituições, evitando antecipadamente esses impactos (REILLY e SCHIMMELPFENNIG, 2000).

Nesse sentido, a integração de ações de adaptação e mitigação é fundamental, pois proporciona a capacidade de reduzir efetivamente os impactos. A integração de políticas e ações coordenadas entre setores distintos seria o desafio chave. A classificação dos propósitos da adaptação baseada em objetivos estratégicos deverá focar em medidas que serão compartilhadas considerando-se: as perdas, a capacidade de suportar essas perdas, a prevenção dos efeitos causados por eventos distintos e as mudanças necessárias de indivíduos ou organizações em áreas de risco (BURTON et al., 1993).

Essa definição é uma expansão de três aspectos relevantes para a adaptação: redução da sensibilidade do sistema à mudança climática, alteração da exposição do sistema (ou dos níveis de exposição) e aumento da resiliência do sistema para o enfrentamento das mudanças (ADGER, 1999; TURNER et al., 2003; LUERS et al., 2003; TOMPKINS e ADGER, 2004).

O aumento da resiliência pode ser alcançado através de medidas mais gerais relativas à melhoria da qualidade de vida, aumento do acesso a recursos e seguro de vida; mas também inclui medidas mais específicas que permitam que a população se recupere das perdas ou, ainda, se previna delas. Em geral, esforços para melhorar a capacidade de recuperação da população (em relação às perdas) são mais frequentemente adotados através de políticas públicas com intervenções que envolvem a esfera nacional (SMIT et al., 2006).

Nesse caso, a integração entre diferentes órgãos e instituições também é essencial, garantindo a viabilidade econômica e a sustentabilidade

do sistema através de medidas previstas que favoreçam a resiliência. Os conflitos entre agentes públicos e privados devem ser administrados para que os objetivos possam ser implantados e os benefícios alcançados (SMIT et al., 2006).

A jurisdição³¹ dos riscos na atual “sociedade de risco”³² é algo que perpassa interesses e poderes distintos, portanto é necessário esclarecer quais seriam os benefícios da ação e os custos da inação. Além disso, a gestão compartilhada, integrada e transfronteiriça dos riscos, entre órgãos e instituições públicas distintas e independentes, ampliaria os limites da jurisdição garantindo a equidade e legitimidade da ação de adaptação. Nesse sentido, a jurisdição é uma questão muito importante e sobre a qual se deve refletir amplamente, porque se refere às competências, alçadas, atribuições, poder e influência (SMIT et al., 2006).

Os critérios para o sucesso da ação devem se basear em questões de eficácia (capacidade de se colocar em prática e tornar efetivo) e eficiência (capacidade de fazer operar/funcionar de acordo com as especificações), examinando-se antes a equidade e legitimidade das ações de adaptação (SMIT et al., 2006).

A equidade se refere à igualdade de benefícios, ou seja, aos indivíduos que irão efetivamente receber os benefícios das medidas de adaptação. Isso significa considerar quem ganha e quem perde com as medidas de adaptação. A legitimidade da ação se refere às decisões que foram aceitas pelos participantes e não participantes do processo e que serão afetados de qualquer maneira. A legitimidade pode ser obtida na medida em que as estratégias de adaptação vão evoluindo (SMIT et al., 2005).

31. O controle jurisdicional das políticas públicas ambientais é um “dever” do Poder Judiciário. “Dever” esse que deve ser exercido de uma forma intervencionista e transformadora, objetivando o pleno desenvolvimento humano e a consolidação da justiça social e ambiental. A função transformadora da jurisdição ambiental, baseada na necessidade de imputação de deveres fundamentais, deve nortear a implementação das normas ambientais, servindo, em especial, como critério matriz para a imputação de deveres e responsabilidades ao Poder Público.

32. A sociedade de risco é a consequência ou o resultado do modelo de produção e consumo industrial baseado na maximização do lucro e no desenvolvimento a qualquer preço. Trata-se da consolidação de uma sociedade em situação de risco pluridimensional, onde a insegurança e a imprevisibilidade consubstanciam o componente básico e a única certeza decorrente das condutas humanas na atualidade.

Não há regras universais para procedimentos que garantam a legitimidade das políticas, porque expectativas culturais e interpretações definem o que é legítimo ou não (Brown et al., 2002). A legitimidade e a confiança são ambos dependentes. Assim, a legitimidade de uma medida de adaptação proposta pelo governo vai depender da autoridade que transferiu a informação na esfera política (percepção do risco) e dos instrumentos da política de implantação (ADGER et al., 2003a).

Entretanto, é importante salientar que esses critérios de eficácia, eficiência, equidade e legitimidade podem ser impugnados em contextos específicos. A importância de cada valor atribuído para cada critério considerado vai depender da região de abrangência, ou seja, da localização; das características dos impactos, riscos e vulnerabilidades; do tempo de amadurecimento das ideias ao longo do processo de adaptação; das atitudes e expectativas de mudança.

Mais importante ainda é que o peso relativo atribuído por diferentes atores engajados no processo de adaptação vai depender da visão de mundo e da percepção dos limites da responsabilidade (Haddad, 2005). Por exemplo, conflitos sobre a alocação de recursos financeiros para a adaptação refletem diferentes percepções dos avanços e progressos que podem ocorrer, como numa espécie de dilema central do desenvolvimento, onde não há opção totalmente satisfatória, apenas uma conjuntura difícil, sem saídas convenientes (LOW e GLEESON, 1998).

Diante de tais conceitos foi elaborada uma matriz de decisão que poderá auxiliar o entendimento do processo na Região Metropolitana de São Paulo. Cabe ressaltar que, como o processo de adaptação exige a participação da sociedade de maneira ampla e integrada, essa matriz é apenas um exemplo do que se deveria considerar inicialmente em termos de aspectos e fatores fundamentais para o desencadeamento de propostas (Anexo 2).

capítulo 11

Desafios enfrentados pela RMSP

A Região Metropolitana de São Paulo se defronta com um enorme desafio ambiental, motivado pela pressão sobre os recursos naturais. As consequências do desequilíbrio com o qual nos deparamos podem ser trágicas, com significativos impactos sobre os diferentes ecossistemas e aspectos da vida social do século XXI.

Isso se revela claramente diante de eventos extremos como enchentes, inundações e deslizamentos em períodos de chuvas intensas ou, em períodos secos, com o agravamento do fenômeno das ilhas de calor.

As mudanças climáticas parecem indicar de forma mais acentuada uma crise do modelo de desenvolvimento urbano, ou seja, do modelo de ocupação do território. Esse modelo tem conduzido a um duplo colapso: da mobilidade, com a paralisação do sistema viário e de toda a rede de serviços associada; e da produção do espaço associado à fragilidade socioambiental que se revela através da perda de vidas humanas e prejuízos socioeconômicos. Tanto os problemas de mobilidade como os de fragilidade socioambiental estão diretamente relacionados a um padrão de desenvolvimento urbano que representa uma série de opções políticas adotadas ao longo da história.

De modo geral, a paisagem urbana foi se desenvolvendo dentro de uma lógica e um padrão de espacialização que favorecia o aumento crescente de automóveis nas ruas, o excesso de pavimentação e a supressão de vegetação, em detrimento da manutenção das planícies de inundação, que incluem as margens de rios e as várzeas, e de um sistema de transporte de massa eficiente para a população da região metropolitana.

No capítulo 6, verificou-se que as alterações nos regimes hidrológicos e sistemas hidráulicos, bem como a poluição dos rios, somadas ao adensamento populacional da RMSP e ao uso inadequado do solo, resultaram em uma das regiões metropolitanas mais afetadas por problemas de enchentes e inundações. A cada verão, esses problemas tornam-se mais evidentes.

Da mesma forma, verifica-se que o avanço sobre terrenos com declividade acentuada, como aqueles identificados no capítulo 7, também tem provocado o aumento de riscos relativos a deslizamentos de terra em períodos de chuvas intensas. Além disso, como foi mencionado, esses vales se assemelham climatologicamente a grandes bacias aquecidas, produtoras de toneladas de poluentes originários das indústrias e da circulação de veículos. As indústrias e veículos são responsáveis pelo lançamento diário de 2.418 milhões de toneladas/ano de poluentes atmosféricos (incluindo gases e particulados) (CETESB, 2010).

A urbanização dos vales do Tietê, Tamanduateí e Pinheiros ocorreu de uma forma que os maiores corredores de tráfego da região metropolitana se configuraram nessa porção da RMSP. Atualmente, os veículos automotores são responsáveis por 40% das emissões de particulados e 31% do SO₂, enquanto as indústrias são responsáveis por outros 10% de material particulado e 67% das emissões de SO₂.

Assim, as atividades urbanas constituem fonte de calor e as partes mais densas da região, consideradas mais centrais, costumam ser as mais quentes, se configurando como ilhas de calor, uma vez que os poluentes afetam o balanço radioativo de maneira contundente.

As partes mais densas da região metropolitana costumam ser as mais quentes; a temperatura diminui à medida que a densidade urbana decresce. Os poluentes afetam a radiação e o balanço de energia, especialmente porque os particulados são composto por particulados

orgânicos secundários, carbono (“black carbon”) e metais. Há também presença significativa de ozônio (O₃) e dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera (CETESB, 2010).

Trata-se de uma situação onde aqueles elementos deflagradores que já estavam presentes em termos de vulnerabilidade e ausência de sustentabilidade, relativos ao padrão de desenvolvimento urbano, vão se agravar e se tornar cada vez mais evidentes. Essa é uma questão estrutural que deverá persistir, pois resulta de sucessivas opções políticas pregressas e vigentes.

Caberia, então, perguntar: o que as políticas urbanas têm considerado em termos de um urbanismo mais coerente, lógico e voltado para as questões ambientais sem perder de vista as dimensões social, econômica, entre outras?

Uma provável resposta até o presente momento seria: a política regulou (por meio da legislação e planejamento urbano) as partes consolidadas da cidade, já ocupadas ou aptas para urbanização, reservando áreas para mercados específicos, fazendo com que muitas áreas pudessem ser ocupadas intensamente com a incorporação de empreendimentos imobiliários para populações de médias e altas rendas (GROSTEIN, 2001).

Por outro lado, a produção de moradia popular da maioria passou a ser a esfera da não regulação, da falta de planejamento. Logo, o efeito é o que se presencia atualmente, um modelo excludente, que impulsionou a habitação popular para a informalidade, precariedade e autoprodução. O contrassenso é que a irregularidade se tornou regular, enquanto medida habitual para as camadas de baixa renda (GROSTEIN, 2001; REYDON, 2005).

Como apresentado neste relatório, a incorporação de loteamentos clandestinos em áreas rurais e legalmente protegidas é uma prática comum que possibilita a valorização elevada da terra, favorecendo a atividade de loteadores clandestinos.

As áreas da planície fluvial, protegidas pela lei, estão naturalmente sujeitas a inundações e jamais deveriam ser ocupadas. Do mesmo modo, a ocupação das áreas de proteção permanente situadas em encostas e sopés de morros deveria ser acompanhada e controlada, pois constituem áreas de risco com alta probabilidade de ocorrência de acidentes (escorregamentos).

Em ambos os casos, torna-se necessário o reconhecimento das características específicas do terreno, de suas capacidades e restrições frente às alterações normalmente impostas pela ocupação, que, se inadequadas, podem gerar desastres de grandes proporções.

No segundo caso, a instabilidade dos terrenos situados nos morros a montante podem facilmente atingir as ocupações a jusante. Assim, a rigor, a ocupação de terrenos planos que se localizam nas imediações de encostas necessitaria de um detalhamento das condições de equilíbrio natural.

Observa-se que a dualidade verificada nos processos socioespaciais de construção da metrópole contemporânea manifesta-se no reconhecimento de uma cidade “formal”, assumida pelo poder público, onde se concentram os investimentos urbanos, e de outra construída à sua margem, que tem no conceito “cidade informal” de Grostein (2001) a expressão mais abrangente para designá-la, pois associa o fenômeno da expansão urbana ilegal ao da exclusão social e, conseqüentemente, de degradação ambiental.

Dessa forma, as políticas que sustentam o parcelamento, uso e ocupação do solo e as práticas urbanísticas que viabilizam essas ações têm papel fundamental na definição de metas que conduzam as cidades em direção a um desenvolvimento compatível com a disponibilidade de recursos e características naturais. Isso não exclui a disponibilidade de terras adequadas à urbanização e a preservação das áreas ambientais.

Assim, parece haver algumas maneiras básicas de intervenção: urbanizar, consolidar, expandir ou remover. Em qualquer circunstância, a preservação ambiental tem que ser garantida e o direito à moradia, respeitado. Isso significa reavaliar a relação custo-benefício caso a caso.

Como apontado no Capítulo 9, a combinação dos processos de construção do espaço com as condições precárias de vida urbana também propicia a existência de problemas de saúde com o agravamento das situações de risco relativas às mudanças climáticas.

Tais problemas referem-se tanto aos desastres provocados por enchentes, inundações e deslizamentos, como por ondas de calor, com o aumento do número de mortes, danos físicos (traumas) ou doenças (respiratórias, diarreias, leptospirose, cardiovasculares, entre outras).

A mortalidade na RMSP por doenças isquêmicas do coração, por pneumonia e bronquite, enfisema e asma, nos anos 2006 e 2008, é desigual na distribuição espacial, pois os agrupamentos altos ocorrem nas periferias pobres e não de forma aleatória, configurando uma situação de injustiça social e ambiental.

Sob essa ótica, os riscos e sua magnitude dependerão da severidade, frequência, distribuição e agentes deflagradores de eventos relativos ao clima. Entretanto, como já evidenciado, a escala e a frequência com que os fenômenos climáticos se reproduzem ainda não foram definidas com precisão.

As escalas dos modelos climáticos não são compatíveis com as escalas urbanas e as aproximações ainda não possibilitam precisar o número de eventos futuros. São necessários equipamentos meteorológicos (com avaliação do número de estações presentes na RMSP), elaboração de modelos hidrológicos, realização de medições contínuas para obtenção de séries históricas, entre outras ações.

Desse modo, tal conhecimento poderia auxiliar o entendimento sobre a relação entre o agravamento dos problemas causados pelas mudanças climáticas e os padrões de expansão urbana que afetam, por exemplo, a ação de órgãos como a defesa civil, saúde pública, entre outros envolvidos.

Até o momento, estudos realizados a respeito são considerados insipientes, havendo a necessidade de um aprofundamento sobre o gerenciamento da forma urbana, ou seja, do processo de ocupação e produção dos espaços urbanos e sua eficiência climática.

Assim, projetos futuros deverão contemplar o balanço entre as características da paisagem e as demandas locais, considerando a eficiência energética e climática através da implantação de infraestrutura adequada visando atender setores distintos, como indústria, habitação, saúde pública, transporte, fornecimento energia, água e esgotamento sanitário, entre outros.

Decisões sobre o desenvolvimento urbano e a necessidade de crescimento dos grandes centros, como no caso da RMSP, devem se fundamentar no desenho de uma sólida base de conhecimento técnico-científico capaz de avançar no sentido de promover a obtenção de soluções e tecnologias de adaptação, identificando ferramentas de gerenciamento eficientes com a transferência de prática e ações bem sucedidas.

A capacidade de construção e desenvolvimento de tecnologias adequadas através do desenvolvimento de pesquisas científicas constitui a base para a implantação de ações políticas, considerando a necessidade de ajustes para adaptação às mudanças climáticas.

Nesse sentido, as escalas de intervenção devem ser integradas, considerando aspectos locais e regionais. As inovações tecnológicas visando à reestruturação da malha urbana deverão ser implantadas ampliando a capacidade de adaptação aos problemas climáticos. As dimensões humanas deverão ser consideradas dentro de uma abordagem mais ampla referente aos impactos das mudanças climáticas sobre diferentes setores da sociedade. As respostas, entretanto, não poderão se restringir apenas a medidas generalizadas de ampla escala.

Construir “cidade” é uma tarefa social complexa, que requer investimentos públicos e privados, projetos e programas de intervenção e justiça na distribuição dos benefícios urbanos. Não basta abrir ruas e parcelar glebas em lotes, assim como, para introduzir qualidade ambiental na cidade informal, não basta regularizar loteamentos ou urbanizar as favelas (GROSTEIN, 2001).

Os programas devem promover a possibilidade de combinação de ações econômicas, sociais (educacionais, jurídicas) e ambientais (GROSTEIN, 2001). Nesse caso, significa a definição de um traçado hierárquico, com formas urbanas distintas e claramente definidas em função das características do meio e das necessidades sociais locais. Enfim, atender aos interesses dos cidadãos, respeitando as especificidades locais e atributos naturais, condicionados pela necessidade de integração da região metropolitana como um todo. Tarefa difícil, mas extremamente necessária no enfrentamento dos problemas relacionados às dimensões humanas das mudanças climáticas.

O futuro do ser humano depende de produção de fontes crescentes de energia limpa e sustentável. O futuro do mercado de energia vai depender da sua capacidade de atender aos anseios do homem por fontes que assegurem a estabilidade climática do planeta, o menor dano possível à saúde humana e que conduzam a um futuro com menor desigualdade socioeconômica. Esse objetivo somente será atingido através de investimentos maciços em pesquisa e desenvolvimento, e, principalmente, que os desenvolvimentos tecnológicos assim obtidos sejam compartilhados de forma solidária entre as nações.

O “milagre tecnológico da energia sustentável” não ocorrerá, principalmente em curto espaço de tempo. A premência da necessidade da tomada de decisões eficazes implica no desenvolvimento de duas habilidades: mudança de cultura, dos padrões de consumo e apropriação do território; e gestão pública eficaz. Primeiro, há que se estimular a mudança de uma cultura, visando obter uma perspectiva menos predatória e de consumo mais realista e responsável. Esse talvez seja o aspecto mais crítico das soluções possíveis, dado que demanda modificações profundas na forma como fomos educados e estimulados a enxergar o mundo.

O caminho para a mudança de hábitos passa por alguns pontos centrais: informação, exemplo e valoração. Informar sobre as consequências das mudanças futuras, como este documento pretende fazer, é a base para as mudanças necessárias. Informar clara e objetivamente, em linguagem adequada a todos os níveis da população, é condição necessária para a disseminação de hábitos de consumo sustentáveis. Informar, também, sobre as questões éticas envolvidas na questão ambiental: os que mais sofrerão as consequências adversas serão aqueles que menos contribuíram para o problema.

Exemplo é o requisito básico que os indivíduos, as corporações e as nações envolvidas devem dar para liderar o processo de controle climático. A liderança, pelo exemplo, deve substituir o modelo clássico de liderança pela força. O primeiro modelo – o exemplo – produziu os maiores líderes do mundo, enquanto o segundo sempre foi eficiente para o surgimento de tiranos. Sem lideranças globais responsáveis, será muito difícil implementar mudanças de hábitos.

Valoração dos impactos reais dos produtos que consumimos pode mudar a economia que vivemos. Falamos hoje que as energias renováveis (eólica, solar, biocombustíveis) não podem competir em termos econômicos com os derivados de petróleo.

No entanto, como seria o balanço financeiro se incorporássemos aos combustíveis fósseis os custos das medidas de mitigação e adaptação frente às mudanças do clima ou os gastos em saúde provocados pela inalação dos poluentes? É justo subsidiar o uso dos combustíveis fósseis com o prejuízo do planeta, da nossa saúde e da saúde de nossos descendentes?

A gestão pública eficaz, voltada para a sustentabilidade, está a reclamar um novo tipo de governante, que oriente a sua atuação com

base em informação qualificada. A complexidade da questão ambiental que hoje enfrentamos não deixa espaço para a ignorância e o oportunismo eleitoral. Além da informação e da ética, os novos gestores deverão ter a capacidade lidar com o antagônico, com grupos conflitantes, gerados a partir dos enormes interesses econômicos que impulsionam o mercado.

Os painéis de especialistas realizados no início desta pesquisa possibilitaram a reunião de algumas ideias sobre o tema e deram origem a uma matriz preliminar. A partir dessa matriz, deu-se início à elaboração de investigações sobre os riscos presentes na RMS, permitindo que se ampliasse a visão sobre o contexto desses riscos e suas implicações para o espaço urbano e para a sociedade como um todo.

Dentro dessa perspectiva, as medidas de adaptação constituem uma oportunidade para repensar as formas de interação das atividades humanas com o ambiente. No apêndice 7 deste relatório, algumas sugestões foram apontadas visando auxiliar o entendimento sobre esse processo.

A importância do tema ambiental tem o potencial de modificar a atual forma que hoje pensamos a política e os políticos. Nesse contexto, podemos transformar o desafio ambiental, hoje dominado por um elenco de tragédias, em uma forma de repensar o mundo e as relações entre os povos.

Essa visão pode recuperar o otimismo frente a uma situação que nos torna vulneráveis, assim como o paciente se renova ao vislumbrar a sua cura, fazendo com que a ameaça ceda espaço ao alívio do sofrimento, ao unir forças para lutar contra a adversidade que parece iminente.







Apêndices

apêndice 1

Escopo e metodologia de trabalho dos painéis de especialistas

Este relatório foi elaborado para contribuir com a discussão sobre a necessidade de o país adotar políticas e programas tanto de ordem pública quanto privada referentes aos impactos e transformações relativas às mudanças climáticas. A intenção foi apresentar o estado da ciência nessa matéria e traçar o cenário das negociações nacionais e internacionais a fim de estimular as diferentes lideranças sociais a assumir o desafio de combate às causas dessas mudanças através de ações estratégicas e medidas de adaptação.

A estratégia para atingir tal objetivo foi a organização de um painel de especialistas³³, cuja metodologia produziu um conjunto de informações e discussões apresentadas aqui. O evento foi estruturado a partir de quatro grupos de especialistas principais:

1. Equipe técnica: composta por pesquisadores e técnicos do INPE e do NEPO/UNICAMP.
2. Especialistas nacionais: pesquisadores de diferentes áreas do conhecimento que já possuem pesquisa na área climática ou são especialistas em áreas afins importantes para contextualizar e discutir os impactos das mudanças.
3. Gestores e tomadores de decisão: representantes das secretarias de Estado, órgãos e autarquias municipais e metropolitanas,

33. ESPECIALISTAS: Adalgiza Fornaro (IAG, USP), Augusto José Pereira Filho (IAG, USP), David Dodman (IIED, UK), Eduardo Jorge (Secretaria do Verde, SP), Fabio Feldman (Fórum Paulista de Mudanças Climáticas), Fernando Rei (CETESB, SP), Gilberto Nateline (Câmara Municipal, SP), Haroldo Torres (CEBRAP, SP), João Lima Sant'Anna Neto (UNESP, SP), Josilene Ferrer T. V. (CETESB, SP), Laura Valente (ECLER, Brasil), Magda Lombardo (UNESP, SP), Maria de Fátima Andrade (IAG, USP), Michael Batty (University College London, UK), Paulo Artaxo (IF, USP), Radley Horton (NASA, USA), Rovenia Negreiros (EMPLASA, SP), Suzana Pasternak (FAU, USP), Tatiana Tucunduva (Câmara Municipal, SP), Vicente Barros (UBA, Argentina), Volf Steinbaum (Secretaria do Verde, SP).

agências reguladoras ligadas à gestão e planejamento ambiental.

4. Especialistas internacionais: pesquisadores dedicados aos temas vulnerabilidade e mudanças climáticas, com experiência de pesquisa em megacidades.

O Painel Internacional de Especialistas sobre Megacidades, Vulnerabilidade e Mudança Climática foi organizado pelo Global Opportunities Fund Climate Change and Energy Programme, do Reino Unido (GOF-UK), pela Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais (Rede Clima/MCT) e pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas (INCT).

O primeiro evento foi realizado em São Paulo, no período de 20 a 22 de julho de 2009, e contou com a presença de 34 especialistas, entre os quais representantes de universidades da Inglaterra, Estados Unidos, Argentina e Brasil. Além de cientistas, havia representantes da Câmara Municipal de São Paulo, da Secretaria Municipal do Verde (SP), do Fórum Paulista de Mudanças Climáticas e de órgãos públicos como Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb), ligada à Secretaria de Estado do Meio Ambiente.

A tarefa da equipe técnica foi construir uma base de dados durante os meses que antecederam o primeiro painel de especialistas, reunindo informações públicas de diferentes órgãos de planejamento e pesquisa.

Assim, a disponibilização desses dados pelos órgãos e instituições de pesquisa permitiu a montagem de uma base de dados ampla, georreferenciada, que incluía informações sobre uso do solo, expansão urbana, áreas de preservação, topografia, hidrografia, entre outros temas.

A partir desta base de dados (Quadro 3), foram gerados alguns mapas temáticos que serviram como material de apoio nas discussões dos especialistas durante o evento.

A dinâmica principal baseou-se em dois grupos de trabalho (GT), que se reuniram ao longo do evento para discutir os problemas da Região Metropolitana de São Paulo, compartilhando conhecimento e experiências de pesquisa.

Os GTs foram compostos por equipes

Quadro 3: Base de Dados da Região Metropolitana de São Paulo.

Tipo de dado	Tema e Fonte de dados
Atlas Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> - Clima (Unidades Climáticas, Isotermas, Temperatura da Superfície e Temperatura da Superfície por Distrito) Município de São Paulo – PMSP (1999) - Uso do Solo – Município de SP – PMSP (1999) - Cobertura Vegetal – Mun. de SP – PMSP (1999)
Divisão Territorial	<ul style="list-style-type: none"> - Limites Municípios - RMSP – CEM (2006) / Emplasa (2002) / IBGE (2007) - Limite Região - RMSP – CEM (2006) / Emplasa (2002) / IBGE (2007) - Limites Distritos – Mun. de SP – CEM (2006)
Uso do Solo	<ul style="list-style-type: none"> - Uso do solo – RMSP - Emplasa (1999) / (2000) / (2002) - Área Urbanizada – RMSP – Emplasa (2002) / (2007) - Localização de Indústrias – RMSP – Emplasa (2002)
Expansão Urbana	<ul style="list-style-type: none"> - Expansão Urbana – RMSP – Emplasa (1881-2002) - Projeção de Expansão da População para o Ano de 2030 – RMSP – Projeto HAND INPE (2010) / IPT (2010)
Habitação	<ul style="list-style-type: none"> - Favelas – Mun. de SP – CEM (2000) - Favelas – RMSP – Emplasa (2002) / (2008) - Loteamentos Irregulares – Mun. de SP – CEM (2000) - Assentamentos Precários – RMSP – Emplasa (2002) - Zonas de Especial Interesse Social – RMSP – Emplasa (2002)
Vulnerabilidade	<ul style="list-style-type: none"> - Mapa Vulnerabilidade Social – Mun. de SP – CEM (2000)
Dados Populacionais	<ul style="list-style-type: none"> - Grupos Sociais – CEM (2000) / IBGE (2000) - Setores Censitários – CEM (2000) / IBGE (2000)
Hidrografia	<ul style="list-style-type: none"> - Cursos d'água e reservatórios – Mun. de SP – CEM (2006) - Cursos d'água e reservatórios – RMSP – Emplasa (2002) - Limite da Bacia do Alto Tietê – RMSP – Emplasa (2002)
Alagamento e Transbordo	<ul style="list-style-type: none"> - Pontos de Alagamento – Mun. de SP – CGE (2007-2008 / 2008-2009) - Transbordo e refluxo de Rios – Mun. de SP – CGE (2001 – 2008)
Modelo Digital de Terreno (MDR) e Aptidão do Solo	<ul style="list-style-type: none"> - Declividade – RMSP – CEM (2006) - Hipsometria – RMSP – CEM (2006) - Carta de Aptidão Física ao Assentamento Urbano – RMSP – IPT/Emplasa (2005)
Vegetação	<ul style="list-style-type: none"> - Reflorestamento – RMSP – Instituto Florestal - Unidades de Conservação – RMSP – Instituto Florestal - Vegetação (distribuição de parques e áreas verdes) – RMSP – I. Florestal - APAs – RMSP – CEM (2006) - Áreas Protegidas em Mananciais – RMSP – CEM (2006) - Parques Estaduais – RMSP – CEM (2006) - Unidades de Conservação – RMSP – CEM (2006) - Zonas de Especial Interesse Ambiental – RMSP – Emplasa (2002)
Vias Urbanas e Transporte	<ul style="list-style-type: none"> - Aeroportos / Ferrovias / Metrô – RMSP – Emplasa (2002) - Logradouros – RMSP – CEM (2000) - Estradas Metropolitanas – RMSP – Emplasa (2002)
Saúde da População	<ul style="list-style-type: none"> - DATASUS e Programa de Aprimoramento de Informações de Mortalidade (PROAIM) da Prefeitura de São Paulo - Vulnerabilidade da população à Leptospirose – Mun. de SP - Vulnerabilidade da população às Doenças Respiratórias – RMSP
Secretaria de Habitação (Projeto Habisp) Município de São Paulo – PMSP (2003)	<ul style="list-style-type: none"> - APA / - Assentamentos / - Córregos Limpos / - Cortiços - Divisão Administrativa / - Favelas / - Hidrografia / - Loteamentos - Micro-bacias / - Núcleos de ocupação / - Parques Lineares / - Relevô - Sub-bacias / - Vulnerabilidades Social / - Obras / - Saúde / - ZEIS / - Renda
Riscos	<ul style="list-style-type: none"> - Setores e Graus de Risco (Solapamento e Deslizamento) – Mun. de SP – PMSP (Habisp) (2003) - Setores e Graus de Risco (Solapamento e Deslizamento) – Mun. de SP – PMSP (Habisp) (2009-2010) - Áreas de Risco (Inundação e Deslizamento) – RMSP – Projeto HAND INPE (2010) / IPT (2010) - Classes de Risco (Classes de risco convertidas a partir do Uso do Solo) – RMSP – IPT (2010) / Emplasa (2007) - Consolidação de Áreas de Risco Geológico no Estado de SP – Estado de São Paulo – IPT (2005)
Dados Climáticos (Observados)	<ul style="list-style-type: none"> - Pluviosidade (Total Diário) – 28 estações no Município de SP – CGE (2004-2010) - Pluviosidade (Total por hora) – Estação Meteorológica do IAG – IAG/USP (1976-2008) - Pluviosidade (Total Diário) – estações no Estado de SP – DAEE / LIGHT / ANA (1940-1990)
Cenários Climáticos	<ul style="list-style-type: none"> - Modelos Regionais HadRM3P e RegCM3 – (Cenário SRES A2 / Período base (1969-1990)) - Anomalia de Precipitação Anual (%) (período 2070-2100) – RMSP – CPTEC/INPE (2010) - Temperatura Média Anual (°C) (período 2070-2100) – RMSP – CPTEC/INPE (2010) - Índices Extremos (precipitação e temperatura) (período 2070-2100) – RMSP – CPTEC/INPE (2010)

multidisciplinares, ou seja, pessoas da equipe técnica, gestores, especialistas nacionais e internacionais, potencializando assim as discussões sob diferentes aspectos e pontos de vista.

Cada GT foi coordenado por um pesquisador, contando ainda com dois relatores e uma equipe de suporte em Sistema de Informações Geográficas (SIG), que produzia os mapas à medida que o GT demandava informações para subsidiar as discussões.

Os relatórios e propostas produzidos por cada GT foram sistematizados em tabelas (Anexo 2) e mapas sínteses, os quais foram expostos e discutidos em uma plenária final, produzindo uma perspectiva mais sintética das questões fundamentais, tomadas como ponto de partida pela equipe técnica na produção do relatório.

Nos meses que se seguiram à realização do painel, o trabalho da equipe técnica e de alguns especialistas de instituições nacionais concentrou-se em sistematizar as indicações e propostas discutidas na plenária final do primeiro painel, produzindo um relatório preliminar para a Região Metropolitana de São Paulo que refletisse uma perspectiva concisa das questões complementares levantadas pelos GTs.

Este relatório preliminar foi apresentado em um segundo encontro de especialistas visando a apreciação e validação do documento. As propostas e diretrizes provenientes da segunda rodada de discussões permitiram uma visão mais abrangente dos desafios a serem enfrentados e, portanto, constituíram um registro valioso sob o ponto de vista técnico-científico (Anexo 1).



apêndice 2

Considerações gerais sobre o clima da Região Metropolitana de São Paulo

Como mencionado nos capítulos 3 e 4, a análise do clima de uma região como da Região Metropolitana de São Paulo exige a adoção de princípios, métodos e técnicas adequados. Segundo o Atlas Ambiental da Prefeitura do Município de São Paulo (1999), o primeiro deles, e talvez o mais importante, é considerar a realidade urbana como uma totalidade. Os múltiplos e diversos aspectos, propriedades, graus de intensidade do fenômeno metropolitano redefinem globalmente todo o conjunto de suas partes constituintes.

De acordo com o Atlas Ambiental, as características climáticas da metrópole não podem ser tratadas apenas como processos puramente físicos. Devem ser consideradas as interações com as ações relacionadas à produção do espaço através das práticas sociais vigentes.

Neste apêndice apresentaremos alguns aspectos levantados no Atlas Ambiental sobre a caracterização climática clássica da região e do fenômeno da ilha de calor, fundamentais para o entendimento do quadro geral da RMSP, que caracteriza-se por apresentar índices pluviométricos em torno de 1.400mm/a., distribuídos de forma irregular ao longo do ano, associados a diversos fatores, de ordem geográfica (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999), tais como: a proximidade do oceano, a altitude do relevo, mas principalmente pela dinâmica das massas de ar precedentes principalmente do sul e do leste, como a massa Polar Atlântica (mPA) e a massa Tropical Atlântica (mTA).

Caracterização climática clássica

A Região Metropolitana de São Paulo constitui uma das realidades climáticas urbanas mais críticas e menos conhecidas e estudadas no Brasil. A maioria dos trabalhos ainda não atende às necessidades de aprofundamento do conhecimento sobre a relação espaço e tempo associada às escalas local e regional. As escalas de tratamento em geral são muito amplas (em torno de 1:1.000.000) e baseadas em concepções que não revelam as variabilidades dos fenômenos ligados à vida urbana cotidiana. (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

Segundo o Laboratório de Climatologia do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo, é necessário ampliar as escalas de abordagem considerando a diversidade de aspectos relacionados à dinâmica do clima urbano.

A Metrópole Paulistana está localizada a uma latitude aproximada de 23°21' e longitude de 46° 44', junto ao trópico de Capricórnio, que implica em uma realidade de transição climática entre os climas Tropical Úmido de Altitude e Subtropical, com período seco definido e úmido, respectivamente. (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

Para efetuar a descrição dos atributos climáticos, recorreu-se aos resultados da análise climatológica do período 1961-1990 (Inmet, 1991), da Estação Meteorológica do Mirante de Santana (latitude 23° 30', longitude 46° 37' e altitude 792 m). Assim, constata-se a existência de dois períodos ou estações: uma quente e chuvosa, de outubro a março (primavera-verão), e outra fria e relativamente mais seca, de abril a setembro (outono-inverno) (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

O Município de São Paulo está inserido num contexto de terras altas, chamado Planalto Atlântico. A topografia desse planalto apresenta as mais variadas feições, tais como planícies aluviais, colinas, morros, serras e maciços com uma diversidade de orientações. A poucos quilômetros de distância (45 km) encontra-se o Oceano Atlântico. Esse quadro físico define um conjunto de manifestações climáticas que, em interação com a sucessão habitual dos sistemas atmosféricos, irão propiciar identidade ao clima local (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

Os principais controles climáticos naturais para a definição dos climas locais e mesoclimas (unidades climáticas naturais) foram o Oceano Atlântico, a altitude e o relevo, com suas diferentes formas e orientações (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

Segundo o Atlas Ambiental de São Paulo (1999), conjugando-se todos esses controles, definiu-se cinco climas locais, subdivididos em meso ou topoclimas em função das diferentes características topográficas de cada clima local.

O primeiro clima local foi definido como Clima Tropical Úmido de Altitude do Planalto Atlântico (Unidade I) e ocupa, grosso modo, a área da Bacia Sedimentar de São Paulo, onde a urbanização se instalou primeiro. Nesse clima local, foram definidos diferentes mesoclimas, a saber: (IA) os topos mais elevados dos maciços, serras e altas colinas; (IB) as colinas intermediárias, morros baixos, terraços e patamares; e (IC) as várzeas e baixos terraços (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

O segundo clima local foi definido como Clima Tropical Úmido Serrano da Cantareira – Jaraguá (II). Esse clima foi subdividido em dois mesoclimas: (IIA1) os maciços e serras da face meridional da Cantareira e Jaraguá, onde está inserido o Parque da Cantareira, e (IIA2) os maciços e serras da face setentrional da Cantareira e Jaraguá, ocupando os topos voltados para a Bacia do Juqueri (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

A face norte (setentrional) da Serra da Cantareira e do Pico do Jaraguá, nas vertentes que drenam para o rio Juqueri (NW do município) nas altitudes entre 720 a 800 metros, foi definido o terceiro clima local, denominado Clima Tropical Úmido de Altitude do Alto Juqueri (III). Esse clima local foi subdividido em dois mesoclimas, sendo (IIIA) referente aos morros e espigões do Alto Juqueri – Tietê e (IIIB) aos terraços e as várzeas do Vale do Juqueri (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

Ao sul da represa de Guarapiranga foi definido o clima local denominado Clima Tropical Suboceânico Superúmido do Reverso do Planalto Atlântico (IV), cuja principal característica é a maior proximidade com o oceano. Esse clima local (IV) foi subdividido em dois mesoclimas: (IVA) os morros e espigões elevados do Alto Pinheiros e Embu-Guaçu, e (IVB) morros e nascentes do Alto Pinheiros e Embu-Guaçu. Esse segundo mesoclima (IVB) foi subdividido em dois topoclimas, (IVB1), referente aos próprios morros e nascentes, e o (IVB2), referente ao espelho

d'água da represa Billings (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

O último clima local foi denominado Clima Tropical Oceânico Superúmido da Fachada Oriental do Planalto Atlântico (V), sendo que este foi subdividido em três mesoclimas, a saber: (VA) serras e altos espigões da Fachada Oriental do Planalto Atlântico, (VB) morros, serras e escarpas do Alto Capivari-Monos, e (VC) escarpa oriental do Planalto Atlântico (Serra do Mar). Esse clima local, bem como seus mesoclimas, têm sua característica fundamental definida pela máxima influência oceânica (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

Essas unidades podem ser consideradas homogêneas para cada dimensão das relações entre os controles climáticos urbanos (uso do solo, fluxo de veículos, densidade populacional, densidade das edificações, orientação e altura das edificações, áreas verdes, represas, parques e emissão de poluentes) e os atributos (temperatura da superfície, do ar, umidade, insolação, radiação solar, qualidade do ar, pluviosidade, ventilação). Portanto, existe uma série de níveis e dimensões dessas unidades hierarquizadas numa rede de relações que se definem no espaço e no tempo (sazonal, mensal, diário e horário) (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

Ilhas de calor urbanas

De forma geral, o núcleo central (Unidade I) da metrópole abrange o centro histórico do município de São Paulo, a verticalização densa e contínua que se estende para a Zona Sul, passando pela Liberdade, Vila Mariana, até as proximidades com o Parque do Estado. Esse sentido da verticalização corresponde aproximadamente à área de influência da linha Sul do Metrô (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

A principal característica urbana da Unidade I (central) se expressa pela alta densidade de edificações, pessoas, veículos e atividades. A forma urbana mais evidente são os arranha-céus, ou seja, a verticalização (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

Assim, a área central da cidade de São Paulo, com seus edifícios altos e próximos uns dos outros, ruas estreitas e pátios confinados,

formam tipicamente o centro da ilha de calor. Nessa região central, a capacidade térmica das áreas cobertas por edifícios e pavimentação³⁴ é maior e menor a circulação de ar (LOMBARDO, 1985).

Sob nebulosidade, menor radiação solar atinge o solo, tornando o fenômeno da ilha de calor menos pronunciado. No entanto, sob condições de inversão térmica, a ilha de calor é intensificada (LOMBARDO, 1985).

Para Norte, Leste e Oeste-Sudoeste, a envoltória desse núcleo seriam as marginais, algumas várzeas remanescentes e os terraços baixos urbanizados do Tietê, Pinheiros e Tamanduateí. Inclui-se nesse núcleo o sistema de colinas e o espigão central, ocupado pelos principais corredores de trânsito, interligando os bairros verdes e os centros do poder econômico, industrial, comercial e de serviços da metrópole, concentrados nos canyons urbanos da Paulista e Faria Lima (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

A urbanização dos vales do Tietê, Tamanduateí e Pinheiros ocorreu em tempos diferenciados. Esses vales se assemelham climatologicamente a grandes bacias aquecidas, produtoras de toneladas de poluentes originários das indústrias e da circulação de veículos. Os volumes de tráfego pesado fluem diariamente, deixando grandes concentrações de poluentes (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

No caso, principalmente do Tamanduateí, os fluxos poluentes se originam na região do ABC (incluindo Diadema). O vale do Pinheiros recebe grande parte dos fluxos produzidos em Santo Amaro (de origem industrial e veicular), quando os ventos são de Sul-Sudeste, ou de Barueri-Osasco, sob regimes de ventos de Noroeste (Unidade IB) (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

A expansão urbana para o além Tamanduateí produziu bairros (Mooca, Tatuapé, Água Rasa, Carrão, Vila Formosa, Penha, Vila Matilde) com altíssima densidade de pessoas e porcentagem muito pequena de áreas verdes. A “aridez” reflete temperaturas mais elevadas nas superfícies edificadas (30° C a 33° C). A forma urbana mostra uma homogeneidade considerável, tanto em termos de aquecimento da superfície, ausência de áreas verdes e poluição atmosférica elevada (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

34. Sabe-se que a pavimentação irradia 50% a mais de calor do que superfícies cobertas por vegetação (Spirn, 1995).

Um dos fatores mais importantes e graves para as alterações climáticas desse núcleo, sem dúvida nenhuma, é a poluição do ar. Os maiores corredores de tráfego da região metropolitana se situam nessa unidade. A somatória do fluxo diário do entorno, ou seja, das marginais Tietê e Pinheiros (incluindo a avenida Bandeirantes) com o fluxo da avenida do Estado (Vale do Tamanduateí) contribuem diariamente para a passagem de mais de 1.200.000 veículos – calhas de tráfego pesado (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

Segundo Spirn (1995), gases venenosos em suspensão e a poeira tóxica cobrem o leito carroçável e as calçadas³⁵. Automóveis, ônibus e caminhões congestionam as ruas, emitindo grandes quantidades de monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e partículas de chumbo e de combustível não queimado.

As ruas desfiladeiros inibem a capacidade de dispersão dos poluentes. Isso ocorre porque a distância dos edifícios em relação à rua e a ventilação determinam a distribuição dos poluentes e o grau de concentração. O volume e a velocidade do tráfego de veículos determinam o grau de concentração e contaminação do ar no nível da rua³⁶ (SPIRN, 1995).

Além desse volume enorme de emissões, todo o anel interno é composto de vias de trânsito com elevado volume e lentidão (velocidade) variável ao longo do dia e da noite. Resulta, dessa forma, em fontes múltiplas e dinâmicas de elevada emissão de poluentes atmosféricos, cujos danos à saúde são cada vez mais frequentes. Como mencionado no capítulo 9, pessoas com mais de 80 anos e as que sofrem de doenças respiratórias e cardíacas, hipertensão e diabete, são as mais vulneráveis.

Pela manhã, a inversão térmica local pode se formar na base de uma rua desfiladeiro sombreada, restando no nível da rua a descarga dos escapamentos causada pelo tráfego nas horas de maior movimento. A menos que seja dissipada pelo vento, essa inversão persistirá até que o sol do meio dia atinja a rua e aqueça a superfície e o ar no nível do solo (SPIRN, 1997). A essa altura, as concentrações de monóxido de carbono e outros venenos podem atingir níveis suficientes para afetar qualquer pessoa exposta a esse ar por não mais que uma hora. Pedestres,

35. O típico movimento de grandes congestionamentos, parando e acelerando, produz mais poluentes do que o tráfego que flui em velocidade constante ao longo das rodovias e vias do sistema viário, obviamente porque a concentração dos escapamentos é maior.

36. As partículas de chumbo em suspensão podem decrescer 50% num intervalo entre o limite do leito carroçável e 50 m além. A calçada e as entradas dos edifícios numa rua desfiladeiro estão localizadas dentro da zona de maior concentração (Smith, 1976).

guardas de trânsito, vendedores ambulantes, motoristas de táxis e ônibus não são os únicos afetados (SPIRN, 1995).

A ligação da avenida Vergueiro com a rodovia Anchieta (antigo Caminho do Mar), passando por parte do Jabaquara, Saúde, Ipiranga até os limites com o Parque do Estado e São Caetano do Sul, se constituem na Unidade Climática IC1. A principal característica desse espaço urbano é o predomínio de gabaritos mais baixos (considerando-se edificações de apenas um e dois andares, de classe média ou média baixa, geralmente com cobertura de telhas de cerâmica de cor avermelhada). Dentro deste espaço, surgem núcleos ou novos centros de comércio verticalizados. Existe também, dentro desse padrão residencial baixo ou intermediário, um número significativo de edifícios ou prédios de três ou mais pavimentos (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

A travessia do rio Pinheiros a caminho da Zona Oeste (Raposo Tavares e Br-116), entre altitudes que vão de 720 m (Raia Olímpica da USP) à aproximadamente 800 metros, se insere dentro de uma unidade climática privilegiada pelo verde. Tratam-se, principalmente, dos bairros mais nobres Cidade Jardim e Morumbi, onde as áreas com arborização propiciam microclimas mais amenos. No bairro Chácara Santo Antônio, a temperatura da superfície oscila entre 27° C e 29° C (setembro) ou de 27° C a 30° C (em abril) (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

As árvores presentes nessa região removem parte do monóxido de carbono. O recuo de casas, áreas comerciais e institucionais em relação às grandes artérias produz o benefício adicional do aumento da ventilação e prevenção da formação de bolsões de ar parado, auxiliando a dissipação dos particulados emitidos pelo tráfego de veículos (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

A Zona Norte ou além Tietê, alinhada estruturalmente pelo vale do Tietê, recebe permanentemente influências dos maciços serranos da Cantareira e do Jaraguá. Esse extenso divisor de águas das bacias do Tietê – Juqueri (900 a 1.000 metros) e seu bloco de terras elevadas melhoram a dispersão dos poluentes e alteram os fluxos atmosféricos nos transportes verticais e horizontais na proximidade do solo (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

A ocupação urbana dos núcleos de Santana, Taipas, Pirituba (Zona Norte) originalmente foi pontual e acompanhava caminhos, vias e

estradas de ferro (ligação Santos-Jundiaí). Mais recentemente tem sofrido a influência do Sistema Anhanguera-Bandeirantes, Fernão Dias e da linha Norte do metrô paulistano (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

Os principais bairros da Zona Norte, tais como São Domingos, Jaraguá-Pirituba, Freguesia do Ó, Limão, Casa Verde, Santana, Vila Guilherme, Vila Maria, Tucuruvi, Jacanã, Tremembé, associados antigamente à presença de várzeas ou serras, hoje se identificam como bairros que apresentam climas relativamente mais amenos. Existe um predomínio de casas residenciais de até dois pavimentos, intercalados por áreas com centros comerciais e de verticalização mais intensa (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1999).

De modo geral, a região metropolitana é composta por um mosaico de temperaturas de superfície diferenciadas como o município de São Paulo (Figura 52). Os mesmos fenômenos que caracterizam os mesoclimas urbanos existem em menor escala espalhados por toda a região – ilhas de calor, inversões térmicas localizadas, bolsões de poluição e diferenças locais nos comportamentos dos ventos. Entretanto, esses fenômenos (associados a diferenciações microclimáticas) não podem ser tão claramente evidenciados a partir de escalas muito amplas.

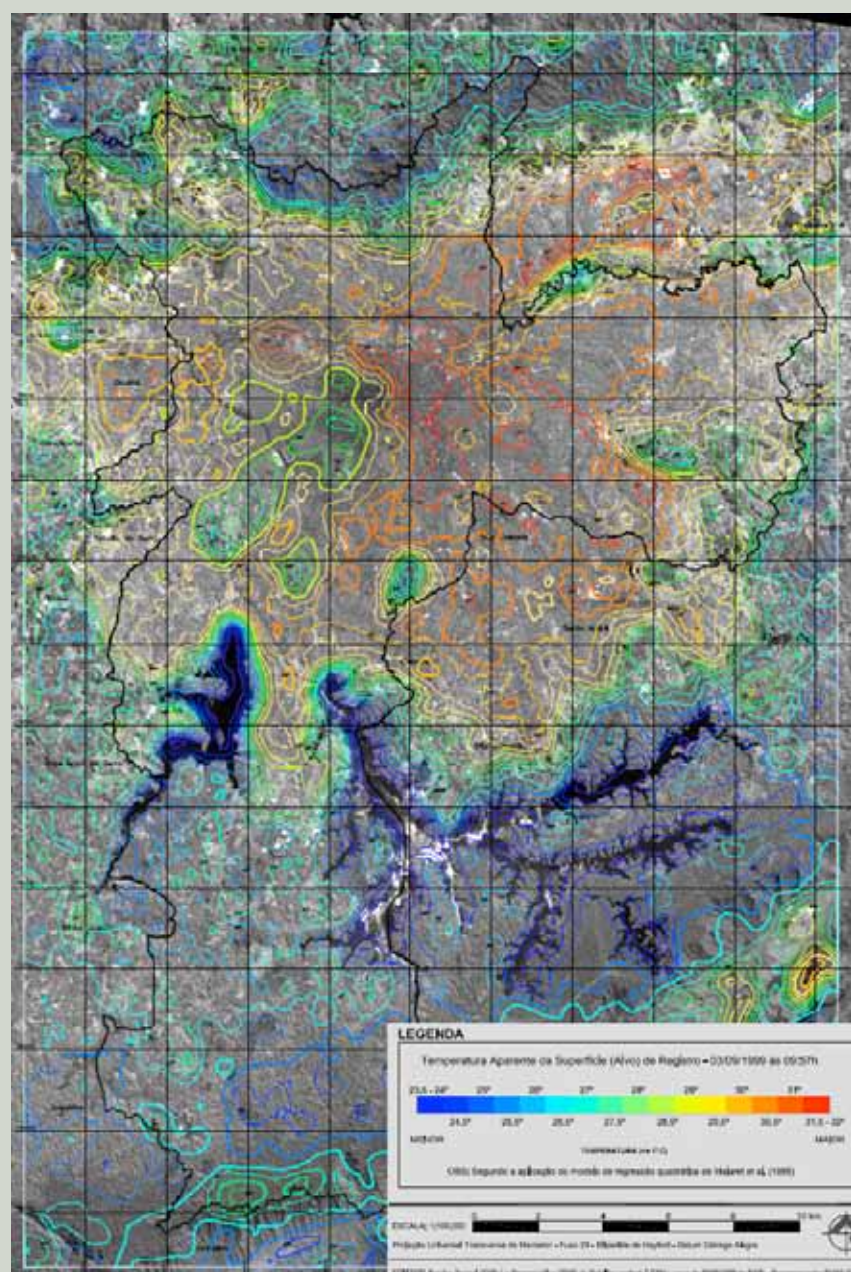


Figura 52: Variações de temperatura aparente no município de São Paulo.
Fonte: Atlas Ambiental (Prefeitura Municipal de São Paulo, 1999).

apêndice 3



Banco de Dados do Projeto Vulnerabilidades das Megacidades Brasileiras às Mudanças Climáticas: Região Metropolitana de São Paulo

O projeto “Vulnerabilidades das Megacidades Brasileiras às Mudanças Climáticas: Região Metropolitana de São Paulo” empreendeu desde o seu início considerável esforço de busca e coleta de informações sobre a RMSP das mais diversas fontes e setores. Com base nesse esforço de anos, foi constituído um Banco de Dados, disponível livremente. Pretende-se com isso facilitar novos estudos e pesquisas sobre o assunto.

Estão listados abaixo todos os conjuntos de dados coletados e organizados por este projeto. A maioria deles pode ser acessada através do portal do projeto (http://megacidades.ccst.inpe.br/banco_dados_RMSP). Para cada conjunto de dados, há documentação descritiva e instruções para uso.

LISTA DE CONJUNTOS DE DADOS

Nome do conjunto de dados e nome do arquivo	Área de abrangência e ano da última atualização	Tabela de atributos	Fonte dos dados
Expansão da Área Urbana 2002 Layer: ExPurb02.shp (Polígono)	RMSP / 2002	11 Períodos: até 1881; 1882-1914; 1915-1929; 1930-1949; 1950-1962; 1963-1974; 1975-1980; 1981-1985; 1986-1992; 1993-1997; 1998-2002.	Emplasa
Favelas 2008 Layer: HABI_Favelas_2008.shp (polígono)	RMSP / 2008	Tipo de moradia; Nome da favela; Endereço da favela; Data início da favela; Quantidade de domicílios; Índice de urbanização; Vulnerabilidade social; Risco geológico; Área da favela em m²; Renda média das famílias; Distrito; Subprefeitura; regional e Sub-bacia.	Emplasa
Assentamentos Precários 2002 Layer: assentamentos_precários.shp	RMSP / 2002	Nome do município; Quantidade de assentamentos precários e descrição: Comum, Precário e Subnormal.	Emplasa
Favelas 2002 Layer: FAVELAS_2002.shp (Polígono)	Município de São Paulo / 2002	Tipos de moradia	Emplasa
Hidrografia Layers: Hidrografia_linha.shp Hidrografia_Poligono.shp	RMSP / 2002	Sem atributos	Emplasa
Indústrias Layer: INDUSTRIA.shp (Polígono)	RMSP / 2002	Sem atributos	Emplasa
Uso do Solo 1999 Layers: USO_SOLO.shp (Polígono) uso_solocopy.shp (Polígono)	RMSP / 1999	Área urbanizada; Aterro sanitário; Campo; Capoeira; Chácara; Equipamento urbano; Espelho d'água; Favela; Hortifrutigranjeiro; Indústria; Lixão; Loteamento desocupado; Mata; Mineração; Movimento de terra; Solo exposto; Outro uso; Reflorestamento; Reserva de Retenção; Rodovia; Várzea.	Emplasa
Limites da Bacia do Alto Tietê Layers: Limite_Bacia_Alto_Tiete_lin.shp Limite_Bacia_Alto_Tiete_pol.shp	RMSP / 2002	Linha do limite da Bacia, sem atributos.	Emplasa
Limites Municipais Layer: LIMITE_MUNICIPAL.shp	RMSP / 2002	Nome do Município; Código do Município; Área da Sub-região.	Emplasa
Transportes Layers: aeroporto.shp (polígono) ferrovia.shp (linha) metro.shp (linha)	RMSP / 2002	Sem atributos.	Emplasa
Uso do solo Layer: USO_SOLO.shp (polígono)	RMSP / 2002	Área urbanizada; Aterro sanitário; Campo; Capoeira; Chácara; Equipamento urbano; Espelho d'água; Favela; Hortifrutigranjeiro; Indústria; Lixão; Loteamento desocupado; Mata; Mineração; Movimento de terra; Solo exposto; Outro uso; Reflorestamento; Reserva de retenção; Rodovia; Várzea.	Emplasa
Sistema Viário Metropolitano Layer: ESTR_METROPOLITANO.shp (polígono)	RMSP / 2002	Nome das estradas metropolitanas, principais eixos viários da RMSP.	Emplasa
ZEIAS (Zonas de especial interesse ambiental) Layer: ZONA_ESP_INTERESSE_AMBIENTAL.shp (polígono)	RMSP / 2006	Zona de Especial de Interesse Ambiental; Instrumento: Lei nº 13430 de 13/09/2002; classe de uso: ZEPAM; ZEIA RODOA: recuperação e preservação; Descrição: art. 167, Destinadas a proteger ocorrências ambientais isoladas-remanescentes de vegetação significativa e paisagens naturais notáveis.	Emplasa
ZEIS: (Zonas de especial interesse social) Layer: ZONA_ESP_INTERESSE_SOCIAL.shp (polígono)	RMSP / 2006	Fonte dos dados; Zona de especial Interesse Social; Instrumento: Lei nº 4153 de 26/03/2007; Classe de Uso: AEIS 1; ZEIA RODOA: Urbana-Assentamento; Descrição: art. 37, Áreas públicas ou particulares ocupadas ilegal e clandestinamente.	Emplasa

Atlas Ambiental do Mun. de São Paulo (Clima da Cidade de São Paulo) Layers: grid_Temp_99.shp (polígono) Isotermas_99.shp (linha) temp_sup_distrito.shp (polígono) Unidades_Climaticas_naturais.shp (polígono)	Município de São Paulo / 1999	grid_Temp_99.shp: valores de temperatura na superfície em grades 24°C até 32°C (de 0,5° em 0,5°) / Isotermas_99.shp: valores de temperatura em linhas isotérmicas 24°C até 32°C (de 0,5° em 0,5°) / temp_sub_distrito.shp: valores de temperatura por sub_distrito 25°C até 32°C (de 0,5° em 0,5°) / Unidades_Climaticas_naturais.shp: clima Local; altitude mínima e máxima; forma do relevo; temperatura média mínima e máxima; Pluviosidade dia máxima e mínima; descrição da área.	PMSP
Atlas Ambiental do Mun. de São Paulo (Uso do Solo) Layer: Uso_Solo_99.shp (polígono)	Município de São Paulo / 1999	Classes de uso do solo.	PMSP
Atlas Ambiental do Mun. de São Paulo (Vegetação) Layers: Cobertura_vegetal_99.shp (polígono) Distribuição_vegetal_99.shp (polígono)	Município de São Paulo / 1999	Cobertura Vegetal 99: Total da área do polígono (m ²) e tipos de classes: Sem alteração (01); Alterada (02); Não mais existente (suprimida) (03); Em regeneração (04); Área de Exclusão de Parques (05). Distribuição vegetal 99: Total da área do polígono (m ²) e classes. Tipos de Classe: Sombra; Urbano 1; Urbano 2; Urbano 3; Vegetação 1; Vegetação 2; Vegetação 3; Água.	PMSP
Estações da Cetesb Layer: cetesb.shp (pontos)	Município de São Paulo / 2008	Sem atributos.	Cetesb
Pontos de Alagamentos Layer: PontosAlagTotais.shp (pontos)	Município de São Paulo / 2009	Tipo de ponto e local de referência do ponto (em conjunto com <i>layer</i> de logradouros).	CGE
Transbordo e refluxo de rios no Município de São Paulo Layer: transbordo_refluxo_2001_2008.shp	Município de São Paulo / 2008	Data do evento e referência do ponto (em conjunto com <i>layer</i> de logradouros).	CGE
Vegetação Layers: reflorestamento.shp (polígono) Unidades_Conservação.shp (polígono) Vegetação.shp (polígono)	RMSP / 2002	Reflorestamento: Área e localização das áreas / Unidades de Conservação: Categoria da UC; Identificação da UC (nome); Área da Unidade de Conservação / Vegetação: Tipo de vegetação.	Instituto Florestal do Estado SP
Localização das áreas das unidades de conservação da RMSP Layers: APA_RMSP.shp (polígonos) APManaciais.shp (polígonos) Parques_Estaduais.shp (polígonos) Unidades_Conservacao.shp (polígonos)	RMSP	Localização; Área.	Instituto Florestal do Estado SP
Aptidão Física Layers: Aptidao_SP_lin.shp (linha) Aptidao_SP_pol.shp (polígono)	RMSP / 2005	Área do polígono (km ²); Geotécnica; Litologia; Classificação das áreas: Áreas Favoráveis; Áreas com Restrições Localizadas; Áreas Passíveis de Ocupação sem Restrições, Áreas com Severas Restrições; Áreas Impróprias.	IPT e Emplasa
Declividade Layer: declividade_reclassificado.tif (polilinhas)	RMSP / 2006	Nível de declividade 5 a 152.	IPT
Hipsometria Layer: hipsometria_reclassificado.tif (polilinhas)	RMSP / 2006	Modelo digital de terreno (Representação da elevação do terreno através de cores).	IPT
Área urbanizada na RMSP Layers: AreaUrbana2002.shp (polígonos) AREA_URBANIZADA_2007.shp (polígonos)	RMSP / 2002 e 2007	Não existem atributos nos dois <i>layers</i> , só polígonos espacializando as áreas urbanas da RMSP.	Emplasa

Projeção de Expansão da População Urbana da RMSP para o ano de 2030 Layers: manchaUrbana_RMSP_2001.tiff manchaUrbana_RMSP_2008.tiff manchaUrbana_RMSP_proj2030.tiff	RMSP / 2010	Não possui atributos, apenas espacialização das áreas urbanizadas para os três períodos (2001/2008/2030).	Projeto HAND - INPE e Emplasa
Risco de Leptospirose Layer: vuln_leptos.shp (polígonos)	Principais eixos urbanos da RMSP / 2010	Risco de contração da doença: 1 - Médio / 2 - Alto / 3 - Muito alto.	Faculdade de Medicina de USP
Risco de doenças respiratórias Layer: vul_doe_respir.shp (polígonos)	RMSP / 2010	Risco de contração da doença: 1 - Risco 2% / 2 - Risco 14%.	Faculdade de Medicina de USP
Setores de Risco Layer: setorrisco_20100909.shp (polígonos)	Zonas Norte e Leste do Município de São Paulo / 2010	Grau de risco: 1 - muito baixo / 2 - médio / 3 - alto / 4 - muito alto; Tipos do processo: solapamento / deslizamento / solapamento e deslizamento; nome da localidade; sigla da área; sigla do setor; data da avaliação de campo.	PMSP
Áreas de risco (inundação e deslizamento) Layer: HANDOGURA_RISCOS.tif	RMSP / 2010	Tipos de risco: pouco ou ausente (risco) / inundação / deslizamento (críticas) / deslizamento (muito críticas).	Projeto HAND - INPE e IPT
Pluviosidade (mm/dia) Documentos em Word	Área de abrangência: 28 estações no município de São Paulo / 2004 a 2010	Boletim pluviométrico mensal: precipitação diária total por estação meteorológica; precipitação média diária por zona; precipitação média diária total; ocorrências de alagamento; precipitação total.	CGE
Pluviosidade (mm/h) Planilhas de Excel	Estação Meteorológica do IAG / 1970 a 2008	Resultados Extraídos de Pluviograma Diário (mm de Chuva) / 12 planilhas mensais: dados horários de 0 a 24 horas (1 em 1 hora) / Total de pluviosidade por hora; Valores diários: altura total (mm) / duração total (minutos) / máxima altura horária / frequência da chuva (horas com chuva); Valores mensais: altura total (mm) / duração total (minutos) / máxima altura horária / frequência da chuva (horas com chuva).	IAG-USP
Pluviosidade (mm/dia) Documentos em .txt	Estado de São Paulo / 1940 a 1990	Total diário; Chuva máxima no dia; Chuva total no mês.	DAEE, Light e ANA
Cenários Climáticos Dados rodados nos cenários SRES A2 do IPCC / Modelos Regionais HadRM3P e RegCM3 / Período base: 1969 a 1990	Parte da região Sudeste englobando as regiões metropolitanas do Rio de Janeiro e de São Paulo / Cenários futuros para o período de 2070 a 2100 rodados em 2010	Anomalia de Precipitação Anual (%) (período 2070-2100); Temperatura Média Anual (°C) (período 2070-2100); Índices Extremos (precipitação e temperatura) (período 2070-2100).	CPTEC-INPE
Áreas de Proteção Ambiental (APA) Layer: APA.shp (polígonos)	Município de São Paulo / 2003	Nome da APA.	Habisp-PMSP
Assentamentos Layer: assentamentos.shp (polígonos)	Município de São Paulo / 2003	Nome dos assentamentos.	Habisp-PMSP
Regiões com Córregos Limpos Layer: córrego_limpo.shp (polígonos)	Município de São Paulo / 2003	Nome da região do córrego.	Habisp-PMSP
Favelas Layer: Favelas.shp (polígonos)	Município de São Paulo / 2009	Nome da favela; nome secundário da favela; endereço; data da atualização; data do início da favela; abastecimento de água; esgoto; eletricidade; iluminação pública; drenagem; pavimentação; coleta de lixo; nº de domicílios; índice de urbanização; vulnerabilidade social; saúde; índices de saneamento e esgotamento; priorização; latitude; longitude; área; mananciais; risco 1, 2, 3 e 4; vulnerabilidade 1, 2, 3, 4, 5 e 6; distrito; subprefeitura; regional; ZEIS 1, 2, 3 e 4; renda média; sub-área; quantidade de construções; ligações esgoto; ligações água.	Habisp-PMSP

Hidrografia Layer: hidrografia.shp (polilinhas)	Município de São Paulo / 2003	Nome dos rios; nível de grandeza do rio; importância do rio.	Habisp-PMSP
Loteamentos Layer: loteamentos.shp (polígonos)	Município de São Paulo / 2009	Nome da favela; nome secundário da favela; endereço; data da atualização; data do início da favela; abastecimento de água; esgoto; eletricidade; iluminação pública; drenagem; pavimentação; coleta de lixo; nº de domicílios; índice de urbanização; vulnerabilidade social; saúde; índices de saneamento e esgotamento; priorização; latitude; longitude; área; mananciais; risco 1, 2, 3 e 4; Vulnerabilidades 1, 2, 3, 4, 5 e 6; distrito; subprefeitura; regional; ZEIS 1, 2, 3 e 4; renda média; sub-área; quantidade de construções; ligações esgoto; ligações água.	Habisp-PMSP
Núcleos de moradia Layer: núcleos.shp (polígono)	Município de São Paulo / 2009	Nome da favela; nome secundário da favela; endereço; data da atualização; data do início da favela; abastecimento de água; esgoto; eletricidade; iluminação pública; drenagem; pavimentação; coleta de lixo; nº de domicílios; índice de urbanização; vulnerabilidade social; saúde; índices de saneamento e esgotamento; priorização; latitude; longitude; área; mananciais; risco 1, 2, 3 e 4; vulnerabilidade 1, 2, 3, 4, 5 e 6; distrito; subprefeitura; regional; ZEIS 1, 2, 3 e 4; renda média; sub-área; quantidade de construções; ligações esgoto; ligações água.	Habisp-PMSP
Parques Lineares Layer: parques_lineares.shp (polígonos)	Município de São Paulo / 2006	Ano e previsão de implementação dos parques.	Habisp-PMSP
Áreas com risco de solapamento Layer: risco_solapamento.shp (polígonos)	Município de São Paulo / 2004	Código de risco; nome da subprefeitura; denominação; endereço; grau de risco; data da atualização; área (m²).	Habisp-PMSP
Sub-bacias Layer: subbacias.shp (polígonos)	Município de São Paulo / 2006	Nome da sub-bacia.	Habisp-PMSP
Limites das regiões do Brasil, dos estados, das regiões metropolitanas e dos municípios Layers: CemBrReg.shp (polígonos) CemBrMun.shp (polígonos) CemBrRm.shp (polígonos) CemBrEst.shp (polígonos)	Brasil / 2010	Área; nome; região; geocódigo; população 2004; densidade demográfica; data da criação.	Fonte: CEM-Cebrap, IBGE e Governo Federal
Setores Censitários por municípios Layer: cada município tem o seu layer	Brasil / 2010	Variáveis do Censo 2000.	CEM-Cebrap, IBGE e Governo Federal
Distritos e Setores Distritais Layers: Cem_distr09.shp (polígonos) Cem_Cdis09 (polígonos)	RMSP / 2010	Nome do município, sigla e nome do distrito; população 1991, 2000 e 2008; taxa de crescimento de 1991-2000 e 2000 a 2008; densidade demográfica 1991, 2000 e 2008; vetor regional.	CEM-Cebrap e IBGE
Escola pública Layer: Esc_pub01.shp (pontos)	RMSP / 2001	Lat/Long; cidade; distrito; nome; endereço; número; variáveis estatísticas sobre alunos e professores.	CEM-Cebrap, SEADE e Inep-MEC
Linhas e estações de trem e metro / Ferrovias cargueiras Layer: Cem_metroL09.shp (linhas) Cem_metroE09.shp (pontos) Cem_cargaL09.shp (linhas)	RMSP / 2009	Extensão; operadora; tipo; nome; início; município.	CEM-Cebrap
Logradouros Layer: Cem_LoRMSP09.shp (linhas)	RMSP / 2009	Extensão; município; distrito; bairro; tipo; nome; número esquerda; número direita; CEP; nome completo.	CEM-Cebrap e SEADE

Resultados Eleitorais (1994-2006) Layer: cada ano tem o seu layer (pontos)	RMSP / 1994 a 2006	Total de votos; zona eleitoral; distribuição percentual de votos brancos e nulos por todos os partidos; código IBGE; código TRE; nome do município.	CEM-Cebrap, TRE-SP e Cepid-Fapesp
Rodovias, Rodoanel (trecho sul) e vias principais da RMSP Layers: Cem_Rodov09.shp (linhas) Cem_RodoaSul09.shp (polilinhas) Cem_Viapr09.shp (polilinhas)	RMSP / 2009	Extensão da via; instância; operadora; tipo; categoria; sigla; nome; nome oficial; início; município.	CEM-Cebrap, DER e DNIT
Shopping Centers Layer: Cem_Csho09.shp (pontos)	RMSP / 2009	Lat/Long; início; nome; classe.	CEM-Cebrap
Distritos do Município de São Paulo Layer: Distritos_SP.shp (polígonos)	Município de São Paulo / 2007	Área km ² ; domicílio particular; casa; apartamento; cômodos; população; homens; mulheres; alfabetização; não alfabetizados; regiões; subprefeitura.	CEM-Cebrap e IBGE
Favelas do Município de São Paulo Layer: Favelas_SP.shp (polígonos)	Município de São Paulo / 2007	Nome; número; área.	CEM-Cebrap
Regiões do Município de São Paulo Layer: Regioes_SP (polígonos)	Município de São Paulo / 2007	Região; renda média; densidade demográfica; área; variáveis do IBGE: v003; v006; v007; v249.	CEM-Cebrap e IBGE
Setores censitários do Município de São Paulo Layer: setores_censitarios.shp (polígonos)	Município de São Paulo / 2007	Região; renda média; densidade demográfica; área; variáveis do IBGE: v003; v006; v007; v249.	CEM-Cebrap e IBGE
Cinemas no Município de São Paulo Layer: SP_cinemas.shp (pontos)	Município de São Paulo / 2009	Lat/long; nome; endereço.	CEM-Cebrap
Hospitais, ambulatórios e unidades básicas de saúde do Município de São Paulo Layers: HOSP2001.shp (pontos) AMBULA01.shp (pontos) UBS_2007.shp (pontos)	Município de São Paulo / 2001 e 2007	Lat/long; nome; endereço; variáveis e estatísticas médicas e hospitalares.	CEM-Cebrap, Datasus e Cepid-Fapesp
Setores censitários 1991 RMSP Layer: Scens91CEM.shp (polígonos)	RMSP / 1991	Área; distrito; município; setores 91; código do setor. Diversas variáveis nas tabelas: Condições da ocupação; chefes de domicílio; variáveis de domicílio; variáveis de pessoa.	CEM-Cebrap e IBGE
Empresas no Município de São Paulo Layer: CCE00_SP.shp (pontos)	Município de São Paulo / 2000	Lat/long; CNPJ; razão social; código da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE); variáveis da CNAE; endereço.	CEM-Cebrap, IBGE e CEPID-FAPESP
Favelas no Município de São Paulo 2000 Layer: Fav2000.shp (polígonos)	Município de São Paulo / 2000	Área; nome; endereço; situação da favela. Códigos da situação das favelas: 1-Sem alterações / 2-alterações / 3-favelas novas 4-localização corrigida / 5-alteração resultante de conurbação com outra favela.	CEM-Cebrap e Sehab-PMSP
Mapa de vulnerabilidade da RMSP Layer: vulnerabilidade_classes.shp (polígonos)	RMSP / 2000	Código do setor; situação; tipo de setor; grupo social (diversas variáveis) / Informações baseadas nos números do Censo 2000.	CEM-Cebrap, IBGE e SAS-PMSP

apêndice4

Aspectos conceituais sobre riscos de inundações e enchentes na RMSP

Em relação aos processos e respectivos cenários de risco hidrológico ocorrentes na RMSP é importante ressaltar, inicialmente, algumas distinções de natureza conceitual.

O termo **enchente** refere-se ao acréscimo na descarga d'água por certo período de tempo. Por vezes, no período de enchente, as vazões atingem tal magnitude que podem superar a capacidade de descarga da calha do curso d'água e extravasar para áreas marginais habitualmente não ocupadas pelas águas (Figura 53). Esse extravasamento caracteriza uma **inundação**, e a área marginal, que periodicamente recebe esses excessos de água, denomina-se leito maior, planície de inundação de um rio, ou ainda, várzea (DAAE, 1999 ; MINISTÉRIO DAS CIDADES/IPT, 2007).

ENCHENTE: Aumento na vazão ou descarga de um curso d'água por certo período de tempo, que se reflete na variação do nível d'água ao longo do canal.

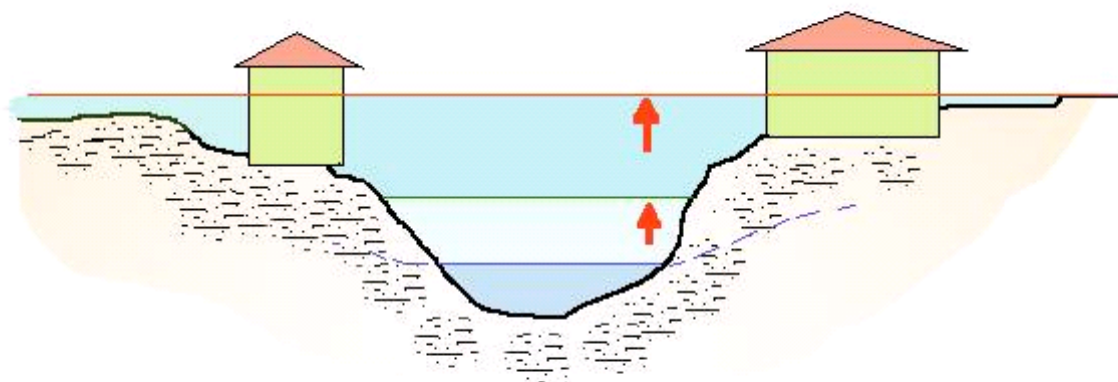


Figura 53: Perfil esquemático do processo de cheia. As setas vermelhas indicam as fases do processo de cheia com diferentes níveis d'água.
Fonte: IPT, 2009.

Os processos de enchentes e inundações causam, geralmente, danos materiais e transtornos diversos às pessoas, nas áreas sujeitas à acumulação e passagem temporária das águas superficiais. Dependendo do cenário, os processos hidrológicos podem durar alguns minutos, horas ou mesmo dias (MINISTÉRIO DAS CIDADES/IPT, 2007).

De acordo com Ministério das Cidades/IPT (2007), importante destacar que há processos que comumente ocorrem em áreas urbanas que não necessariamente estão associados com a dinâmica fluvial. Processos de **alagamentos** e **enxurradas** são muito comuns nas cidades brasileiras e ocorrem principalmente por problemas relacionados a deficiências no sistema de drenagem urbana.

Os alagamentos são acumulações temporárias de água em pontos com deficiência de escoamento superficial e as enxurradas podem ser entendidas como processos de escoamento concentrado das águas superficiais com alta energia de deslocamento (MINISTÉRIO DAS CIDADES/IPT, 2007).

O termo **vulnerabilidade** é empregado aqui com o enfoque específico de risco e é conceituado como o grau estimado de perda ou danos materiais decorrentes de um cenário de risco associado a uma determinada ameaça ou processo com potencial destrutivo de ocorrer com dada severidade e permanência (CUTTER, 1996; 2003).

Como descrito anteriormente, as enchentes e as inundações são fenômenos naturais que ocorrem principalmente no período das chuvas de verão, entre dezembro e março, época em que é comum a ocorrência de eventos de chuvas intensos, nos finais de tarde, ou prolongados pela permanência de frentes frias durante três ou quatro dias, atingindo toda uma sub-bacia ou as regiões de cabeceiras de drenagem (DAEE, 2009).

Em função das características geomorfológicas, geológicas e hidrológicas presentes na RMSP, das intervenções antrópicas em seus cursos d'água e diversidade de formas de uso e ocupação de seus terrenos, são descritos a seguir os principais cenários de risco de enchentes e inundações na Região da Grande São Paulo.

Inundação de extensas áreas urbanizadas da planície fluvial dos principais cursos d'água da Bacia do Alto Tietê

Em relação aos diferentes tipos de processos de enchentes e inundações que podem afetar as comunidades e benfeitorias existentes na área da RMSP, um dos cenários de risco que merece ser destacado é aquele decorrente de processos de enchente e inundação que atingem extensas áreas de planícies fluviais dos cursos d'água principais (Figura 54).

As faixas na Bacia do Alto Tietê de coloração amarela clara compreendem os terrenos de topografia mais plana e baixa ao longo da planície de inundação dos rios.

Esse cenário de risco caracteriza-se pelo transbordamento e refluxo das águas dos rios para as planícies adjacentes, quando ocorre a enchente e inundação das várzeas ocupadas ao longo dos principais cursos d'água da Bacia do Alto Tietê. Apesar dos investimentos que têm sido realizados ao longo dos últimos anos para aumentar a capacidade de vazão dos principais cursos d'água, tais cenários de inundação das planícies fluviais urbanizadas continuarão a ocorrer em razão do crescimento urbano da RMSP e da dinâmica natural das cheias e das grandes intervenções nos cursos d'água (canalização dos córregos) realizadas no passado (DAEE, 2009).

No contexto desse cenário de risco, os impactos atingem habitações, atividades industriais, comerciais e de serviços público e privado e o sistema de transporte urbano e rodoviário. Esses elementos urbanos, instalados em áreas naturalmente sujeitas a inundações por uma visão distorcida de planejamento e do crescimento da metrópole, apresentam-se com graus variados de vulnerabilidade.



Figura 54: Vista das características fisiográficas e hidrográficas da RMSP.
Fonte: Emplasa, 1998.

Segundo DAEE (2009), as inundações dos grandes rios (Tietê, Pinheiros, Tamanduateí, Aricanduva) e de córregos afluentes importantes (Ribeirão dos Meninos, Pirajussara e Ipiranga), com as águas invadindo o leito das vias marginais e interrompendo a circulação dos veículos, são exemplos desse tipo de cenário de risco (Figura 55).

Além das vias públicas, o sistema de transporte ferroviário da CPTM também sofre com paralisações decorrentes de inundações. O sistema de transporte urbano na RMSP tem como característica as principais vias expressas transpondo terrenos de várzea.

Quando há a interrupção da trafegabilidade da pista por causa da inundação das vias, o seu impacto se dissemina rapidamente em congestionamentos por diversas outras vias de circulação da cidade e para as rodovias que cruzam a RMSP, criando situações em que as pessoas ficam horas presas no trânsito.

No caso, por exemplo, da avenida Marginal do Rio Tietê, o impacto de inundações atinge a circulação de pessoas que se dirigem ao Aeroporto Internacional de Guarulhos. Nessas situações de risco de grandes inundações em planícies fluviais ocupadas por importantes

avenidas de circulação de veículos e de tráfego ferroviário, tais elementos do sistema de transporte urbano apresentam atualmente alto grau de vulnerabilidade.

Outro impacto importante associado a cenários de risco de enchentes e inundações refere-se



Figura 55: Inundação de planícies fluviais urbanizadas (vista da cheia do rio Pinheiros). **Fonte:** IPT, 2010.

ao aumento de casos de doenças de veiculação hídrica como a leptospirose. O aumento da intensidade das chuvas e consequente incremento das cheias levará a um maior alcance lateral das águas, podendo atingir assim um maior número de habitações e de pessoas.

Enchentes e inundações com alta energia de escoamento em cursos d'água com elevado gradiente hidráulico

Enchentes com alta energia cinética e poder erosivo são processos ocorrentes nas áreas de topografia acidentada, em sub-bacias hidrográficas que permitem rápida concentração e altos valores de vazão em cursos d'água localizados, principalmente, nos compartimentos geomorfológicos de morros e morrotes nas regiões periféricas da RMSP.

As condições geomorfológicas e climáticas presentes nesses locais de relevo mais acidentado permitem a ocorrência de enchentes de alta energia de escoamento, em razão das altas declividades dos terrenos marginais das porções de cabeceira de drenagem em vales encaixados, deflagrados por elevados índices de pluviosidade instantânea em eventos localizados de chuva. Enchentes desse tipo podem causar a destruição de edificações, de obras de infraestrutura urbana, danos materiais diversos e colocar em risco a integridade física das pessoas residentes em áreas ribeirinhas (MINISTÉRIO DAS CIDADES/IPT, 2007).

Ocupações humanas diversas ao longo de cursos d'água sujeitos a enchentes desse tipo podem ser gravemente atingidas por eventos dessa natureza (MINISTÉRIO DAS CIDADES/IPT, 2007).

Em relação aos cenários de risco analisados, os trechos de drenagens sujeitos a enchentes com alta energia de escoamento e capacidade de erosão lateral representam situações capazes de vitimar pessoas e destruir moradias situadas nos taludes (ribanceiras), tanto pelo impacto direto das águas quanto pela ação erosiva que causa o solapamento, isto é, a perda da base e rupturas dos taludes marginais dos cursos d'água, processos desencadeados quando de eventos

de enchentes (MINISTÉRIO DAS CIDADES/IPT, 2007).

A energia erosiva desses processos de enchentes tende a causar o assoreamento dos trechos de jusante nos cursos d'água, aumentando a condição de ocorrência de inundações (MINISTÉRIO DAS CIDADES/IPT, 2007; DAEE, 2009).

Enxurradas com alta energia de arraste

Na RMSP, mais notadamente na cidade de São Paulo, políticas públicas de canalização de córregos e construção de vias públicas em fundos de vale deram origem a cenários de risco de processos de enxurradas ao longo de vias públicas, em sub-bacias urbanizadas, onde ocorre a concentração das águas superficiais. Os processos de enxurradas ocorrem tanto nas áreas consolidadas quanto nas áreas de periferia da urbanização metropolitana, e se caracterizam pela alta energia de escoamento e de acumulação das águas superficiais e alto poder destrutivo e de arraste.

Cenários de risco hidrológico dessa natureza, pela severidade do processo, expõem as pessoas e seus bens a condições de alto risco (Figura 56). As maiores vulnerabilidades associadas a perdas humanas localizam-se nos bairros periféricos; e as maiores vulnerabilidades associadas a perdas econômicas e materiais se dão nos bairros consolidados.

Escoamentos pluviais concentrados ao longo dos cursos d'água ou em vias públicas são responsáveis pela maior parte das fatalidades humanas em eventos hidrológicos na RMSP, quando pessoas são levadas pela energia das águas.

Alagamentos

Processos de alagamentos localizados ocorrem de forma generalizada em diversos pontos da RMSP quando da ocorrência de eventos de chuva, principalmente por deficiências do sistema de drenagem urbano. Os alagamentos são geralmente acumulações rasas de lâminas d'água que raramente penetram no interior das



Figura 56: Enxurradas em vias urbanas. Observe a alta energia do processo de escoamento concentrado das águas superficiais em áreas consolidadas na RMSP. **Fonte:** IPT, 2010

edificações e afetam geralmente as vias públicas, causando transtornos momentâneos para a circulação de pedestres e veículos.

Em comparação com os processos e cenários de risco descritos anteriormente, os riscos de acidentes associados a alagamentos são relativamente menores para as pessoas, considerando as características dinâmicas e baixa permanência desses processos na RMSP.

Lixo lançado nos cursos d'água

Quanto ao destino do lixo domiciliar, segundo DAEE (2009), cerca de 6.000 domicílios lançam o lixo diretamente nos cursos d'água, contribuindo assim para sua obstrução e assoreamento.

Observa-se que a quase totalidade dos cursos médio e inferior da bacia já está ocupada. A ocupação do território se propaga e os solos superficiais são desmatados de forma descontrolada, expondo extensas áreas com

horizontes de solos mais desagregáveis e, portanto, suscetíveis a processos erosivos. Nesse caso, sua ocupação resultará num inevitável incremento das taxas de assoreamento dos leitos dos rios, influenciando até o leito do próprio rio Tietê (DAEE, 2009).

Isso em geral ocorre porque os detritos sólidos liberados são carregados pelas enxurradas e captados pela rede hidrográfica e, por força da elevada energia de transporte atuante, carregados para os trechos de menores declividades do leito onde são depositados. Esses locais situam-se, em geral, no rio Tietê, com declividades acentuadamente mais baixas (DAEE, 2009).

A carga sólida total transportada por rio constitui-se, na realidade, na soma de duas parcelas de sedimentos. A primeira, denominada “carga de lavagem”, geralmente não é encontrada nos leitos dos rios, por ser muito fina; é carregada predominantemente, em decorrência da energia atuante, em suspensão. A segunda, chamada “carga sólida total do leito”, se refere aos sedimentos que constituem os fundos dos

talvegues. Quando da passagem de ondas de cheia, porções dessa última parcela poderão também vir a ser mobilizadas por suspensão, enquanto outras porções se movimentarão exclusivamente pelo fundo (por rolamento, arraste ou saltitação) (DAEE, 2009).

Como carga sólida total transportada, inclui-se o lixo urbano, produtos de erosão dos horizontes mais superficiais dos solos, resíduos de obras (escavação, desmatamentos, movimentos de terra etc.), além da mobilização de porções de contenções e revestimentos vários, como proteções de fundo e margens, gabiões³⁷ etc., passível de ocorrer devido às altas velocidades do escoamento durante as cheias (DAEE, 2009).

Tendo em vista tais evidências e com o aumento de eventos com precipitações cada vez mais intensas, os reservatórios de retenção sofrerão sérios danos se não forem projetados com dispositivos que dificultem a entrada dos sedimentos de fundo e do lixo.

A situação da disposição final do lixo coletado pelo município de São Paulo assumiu um padrão mínimo de controle na década de 1970, através da adoção dos aterros sanitários, porém o mesmo não ocorreu em relação aos resíduos coletados pelas prefeituras dos demais municípios da RMSP, onde se constata problemas significativos com relação à disposição de resíduos sólidos, seja em função dos altos custos envolvidos na operação, seja em função das restrições legais para a disposição, incidentes sobre os municípios localizados em área de proteção aos mananciais (OLIVEIRA, 1995, apud: ANCONA, 2002).

Dados relativos ao ano de 1995 apontam que, excluindo o município de São Paulo, apenas 38% do lixo coletado na Região Metropolitana de São Paulo tiveram como destino os aterros sanitários, 5,3% usinas de compostagem e 1,4% reciclagem (Oliveira, 1995, apud: Ancona, 2002). Em 1995 havia cerca de 25 lixões em atividade na Região, sendo nove em áreas de proteção aos mananciais (CETESB, 1999; PRODAM, 2002).

A Lei Estadual nº 997/76 instituiu o Sistema de Prevenção e Controle da Poluição do Meio Ambiente, proibindo o lançamento de poluentes no ar, nas águas e no solo a partir de limites considerados nocivos à saúde e ao meio ambiente. No mesmo ano, o Decreto Estadual nº

8.468/76 determinou o controle mais efetivo da disposição final de resíduos líquidos e sólidos, incumbindo a Cetesb pela fiscalização da operação dos aterros sanitários, incineradores e usinas de compostagem (CETESB, 1999).

A unidade utilizada para a análise e controle das condições de deposição de resíduos sólidos no Estado de São Paulo é a Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (UGRH). A UGRH da Bacia do Alto Tietê tem uma geração diária de lixo de 11.212 toneladas, representando a maior geração de lixo per capita no Estado de São Paulo – 0,66 kg/hab./dia.

Atualmente, o município de São Paulo produz 16 mil toneladas de resíduos por dia, 94% recebidos pelos aterros Bandeirantes e São João. A situação da destinação de resíduos sólidos no município de São Paulo se torna mais grave em função da escassez de áreas para a construção de novos aterros. Há restrições legais para a disposição de resíduos nas zonas Norte e Sul, ligadas à Legislação de Proteção aos Mananciais, e na Leste há poucos terrenos disponíveis. Ao mesmo tempo em que a Secretaria de Serviços e Obras estuda novas possibilidades para a disposição de resíduos dentro do perímetro do município, não está descartada a possibilidade de adequação de novas áreas externas ao limites da capital (CETESB, 2000; PRODAM, 2002; INSTITUTO PÓLIS, 2002).

37. Os gabiões são estruturas armadas, flexíveis e de grande durabilidade e resistência projetadas para sistemas de drenagem.

apêndice5

Aspectos conceituais sobre riscos de escorregamento de massa em encostas na RMSP

Os principais movimentos de massa ocorrentes e passíveis de ocasionar acidentes na RMSP são descritos a seguir.

Escorregamentos em taludes de corte e aterro

Escorregamentos induzidos por cortes e aterros nas encostas são os processos de instabilidade de encostas mais frequentes e que causam mais acidentes nas cidades brasileiras.

Geralmente, tais rupturas de talude são de pequenas dimensões, mobilizando pequenos volumes de material (alguns metros cúbicos de solo), mas há registro também de escorregamentos de grande porte mobilizando grande volume de material, cuja frequência de ocorrência na área da RMSP é pequena, mas quando ocorrem podem causar grandes impactos econômicos e sociais.

Tragédias urbanas como a ocorrida em 24 de outubro de 1989, quando 32 barracos da favela Nova República, no Morumbi, foram soterrados vitimando 14 pessoas, e a de março de 2000, na favela Morro da Lua, em Campo Limpo, com a morte de 12 pessoas, são exemplos de acidentes causados por eventos isolados de rupturas de aterros situados na porção superior de encostas em cuja base encontravam-se as casas atingidas.

A escavação das encostas dos morros e a formação de patamares horizontais para a construção de moradias têm sido práticas comuns que comprometem sobremaneira

as condições da estabilidade natural das encostas. Frequentemente antecedidas por desmatamentos que deixam os terrenos expostos à ação dos agentes intempéricos, as ocupações urbanas por assentamentos precários em patamares de cortes e aterros nos morros são típicas da maior parte das áreas de risco de escorregamentos e apresentam o maior grau de vulnerabilidade em relação a fatalidades humanas por desastres naturais na RMSP (Figura 57).

Nota-se o grau elevado de vulnerabilidade desse tipo de ocupação, presente principalmente nas periferias da RMSP.

Além dos assentamentos precários, taludes de corte e aterro em rodovias e em ruas e avenidas importantes do sistema viário metropolitano apresentam riscos decorrentes de escorregamentos, que podem, à semelhança dos processos de inundações, provocar paralisações localizadas do trânsito e congestionamentos generalizados.

Escorregamentos em encostas naturais

Os terrenos periféricos e periurbanos da RMSP apresentam muitas situações de ocupações de encostas avançando em direção ao alto dos morros. Em boa parte dos casos, principalmente nos assentamentos de padrão construtivo precário, as casas ocupam trechos do sopé até o topo do morro. Porém, há locais onde a ocupação urbana fica restrita às porções de base e meia encosta, mantendo as condições naturais do trecho de encosta superior.

Nessas condições, cria-se um cenário de risco de possibilidade das ocupações na base e na meia encosta do morro serem atingidas pelo material mobilizado das porções superiores, quando da ocorrência de escorregamentos naturais nas encostas preservadas.



Figura 57: Área de risco de acidentes de escorregamentos induzidos por cortes e aterros em assentamento precário. . Fonte: IPT, 2010

Dependendo do porte dos escorregamentos, o impacto destrutivo pode ser muito danoso. Esses cenários de risco de escorregamentos em encostas naturais com ocupação na base compreendem principalmente os assentamentos urbanos mais recentes, fruto do avanço da ocupação de baixo padrão construtivo nas periferias da mancha urbana consolidada da RMSP.

Normalmente, os eventos de chuva capazes de deflagrar escorregamentos naturais nas encostas devem ser maiores que aqueles que deflagram escorregamentos induzidos por cortes e aterros.

Estudos de correlação entre chuvas e escorregamentos realizados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), mostram que valores totais de chuva superiores a 100 mm deflagram escorregamentos em áreas urbanas de relevo acidentado.

As projeções para as próximas décadas de incremento da incidência e da intensidade de eventos de chuvas fortes na RMSP tendem a aumentar a ocorrência de acidentes atingindo as comunidades em situação de alto grau de vulnerabilidade que habitam locais com esses cenários de risco.

risco de queda e rolamento de blocos rochosos compreendem geralmente acidentes pontuais e não ocorrem com frequência.

A tendência de expansão urbana para terrenos da periferia da RMSP tende a aumentar a possibilidade de aparecimento de um maior número de ocupações vulneráveis a esse tipo de processo de movimento de massas de corpos rochosos.

Processos de queda e rolamento de blocos de rocha

Em algumas porções de encosta, principalmente nas regiões Norte e Oeste da RMSP, há fragmentos rochosos de dimensões métricas dispostos nas superfícies das encostas e afloramentos rochosos naturais ou expostos pela ação do homem (por exemplo, as pedreiras), que podem causar acidentes graves em ocupações urbanas situadas no raio de alcance desses materiais rochosos quando da ocorrência de processos de queda e rolamento de blocos de rocha, por conta do alto potencial de impacto destrutivo desses processos. Tais processos não são deflagrados exclusivamente pela ação das chuvas.

Variações térmicas dos corpos rochosos e intervenções humanas podem provocar pequenos deslocamentos e mudança nas condições de estabilidade dos blocos rochosos. Cenários de

apêndice 6

Reflexões sobre o processo de expansão urbana da RMSP

A metrópole se transforma num ritmo intenso, que se revela numa sucessão de formas pontuando momentos distintos do processo de urbanização. O desafio é tentar relacionar os principais fatores que estão atrelados ao processo de mudança espacial da RMSP.

Segundo Carlos (2004), a mudança mais evidente refere-se ao deslocamento das indústrias de São Paulo, uma tendência que se presencia no mundo em decorrência das alterações no processo produtivo e como condição de competitividade, que obriga as empresas a se modernizar.

A diminuição dos custos de produção torna-se difícil numa metrópole extremamente edificada e especializada como São Paulo, onde o preço do solo urbano é alto em comparação com o entorno. Sem mencionar que, nesse entorno, os impostos muitas vezes são mais baixos e são oferecidos incentivos fiscais para a implantação de novas plantas industriais. Além disso, os congestionamentos também aumentam os custos em função do tempo dispendido para a circulação de mercadorias (CARLOS, 2004).

Todavia, o deslocamento dos estabelecimentos industriais para o entorno ainda potencializa a concentração na metrópole, na medida em que muitas sedes de indústrias, que se deslocam do núcleo central, permanecem na RMSP (CARLOS, 2004).

Assim, a análise da expansão da metrópole revela um processo que contempla a extensão do processo de ocupação, sinalizando o fenômeno de desconcentração do setor produtivo e centralização do capital.

Esse comportamento sinaliza um movimento de passagem do capital produtivo para o financeiro. Ao mesmo tempo, a centralização financeira aponta outro fenômeno importante: “atualmente o capital financeiro, para se tornar efetivo, se concretiza por meio do consumo de espaços” (CARLOS, 2004).

O momento atual indica, portanto, uma transformação do modo como o capital financeiro se estabelece na metrópole, a passagem da aplicação do dinheiro acumulado do setor produtivo industrial ao setor imobiliário e de serviços (CARLOS, 2004).

Desse modo, a procura por terras no interior e na periferia das cidades que compõem a RMSP é uma realidade e está se transformando em um grave problema.

Diariamente, mudanças aceleradas, visíveis e críticas no uso e ocupação do solo ocorrem de uma forma acentuada e sem precedentes, modelando a paisagem e afetando o ambiente.

A dinâmica urbana evidencia o processo de reprodução tanto no plano espacial, em sua dimensão econômica, política e estratégica, quanto no plano social, da vida cotidiana. Em ambos os casos, não se consideram critérios ecológicos e, em muitos casos, não se respeitam as determinações legais, ampliando-se assim os riscos ambientais potenciais à medida que a malha urbana se reproduz.

As cidades do entorno de São Paulo estão se expandindo e reduzindo as distâncias entre elas através da ampliação da rede viária e rodoviária. Essa expansão³⁸ ocorre por toda a RMSP, motivada basicamente por relações de trabalho, educação, moradia e consumo (BÓGUS & PASTERNAK, 2009).

No plano local e regional, a dinâmica dos processos urbanos, em momentos históricos determinados, revela o fato de que a constituição da sociedade capitalista nessa porção do território brasileiro se realiza e se concebe num movimento no qual, ao longo do curso, formas urbanas expandem-se constantemente (SOUZA, 2004).

Em decorrência dessa expansão transformadora de usos e funções urbanas, gera-se, como consequência, a destruição dos referenciais

ambientais e, com isso, antigas funções naturais dos recursos originalmente presentes são subestimadas. Essas situações e contradições indicam a existência de uma crise decorrente do modo de reprodução da metrópole.

Os problemas ambientais existentes nas áreas urbanizadas são de tamanha ordem de grandeza que comprometem tanto o uso dos recursos naturais como o próprio funcionamento da infraestrutura urbana.

A metrópole paulistana do século XXI sinaliza os diversos problemas oriundos de múltiplas questões ambientais, fornecendo evidências a respeito dos diferentes cenários de risco, que geram paisagens contraditoriamente ocupadas com perspectivas de continuidade da reprodução desse processo de apropriação do território, rumo ao colapso ou paralisação do sistema como um todo.

Oliveira (2004) mostra que esses processos de produção e reprodução da metrópole, enquanto fenômeno essencialmente urbano, tiveram desdobramentos na destruição da imensa área rural que, há 50 anos, a RMSP ainda possuía. Áreas rurais foram transformadas em loteamentos urbanos legalizados ou clandestinos. O denominado “cinturão verde”, que um dia imaginava-se pudesse existir como anel de entorno da metrópole, foi vorazmente consumido e/ou ocupado pela ânsia da apropriação da renda da terra.

As poucas áreas verdes que restaram na RMSP também já possuem loteadores clandestinos, contestando a seu modo a Lei de Proteção dos mananciais³⁹ (REYDON, 2005).

De acordo com Ross (2004), em virtude da intensa expansão urbana da área metropolitana, inclusive sobre áreas de proteção, tornam-se cada vez mais graves as alterações no quadro ambiental.

No caso dos loteamentos para a população de baixa renda, por exemplo, como aqueles presentes tanto no sistema Guarapiranga⁴⁰ quanto no Billings, os loteadores desrespeitaram a legislação de proteção dos mananciais (Reydon, 2005), parcelando o solo sem levar em conta a declividade do terreno, a proximidade de corpos d'água e o tamanho de cada lote.

38. Segundo dados levantados pela Emplasa, a mancha urbana da metrópole cresceu a uma taxa de aproximadamente 0,011% a.a. entre 2002 e 2007. Comparativamente, os levantamentos realizados com auxílio de imagens de satélite demonstram que a taxa de crescimento da mancha urbana da RMSP foi de 0,015% a.a. entre 2001 e 2008.

39. A lei de proteção aos mananciais foi criada em 1974 para gerir a relação entre uso do solo e qualidade das águas (Ross, 2004).

40. As áreas com Mata Atlântica do sistema Guarapiranga (essenciais para a manutenção da capacidade de produção hídrica e para o equilíbrio ambiental) ocupavam apenas 37% da bacia em 2003. Entre 1989 e 2003, as áreas urbanas aumentaram 19%, e mais da metade desse crescimento se deu sobre áreas com severas restrições à ocupação (Instituto Socioambiental - ISA, 2003).

Segundo o Instituto Socioambiental (ISA), em 2003, mais da metade da área da Bacia Hidrográfica da Guarapiranga se encontrava alterada em virtude da presença de atividades humanas. Parte dessa alteração (16%) diz respeito a usos urbanos, e o restante (34%) a usos diversos, como agricultura, mineração e solo exposto.

De acordo com o “Diagnóstico Socioambiental”, publicado pelo ISA em 2000, a Bacia Hidrográfica da Billings já apresentava um quadro preocupante. Apesar de ser protegida pela Lei de Proteção dos Mananciais desde a década de 70, a região vinha sofrendo ao longo dos últimos anos as consequências de um processo acelerado de ocupação irregular.

A principal tendência identificada no território da bacia, no período de 1989 a 1999, foi a substituição da cobertura florestal nativa (Mata Atlântica) por áreas urbanas. Esse processo estava ocorrendo principalmente em virtude da transformação das áreas rurais em áreas urbanas. No período analisado, a região perdeu 5,52% de sua cobertura vegetal. Em 1989, a área de cobertura florestal, composta de matas nativas (Mata Atlântica) e plantadas, respondia por 56,1% da bacia; em 1999, por 53,6%. A Mata Atlântica densa primária e secundária nos estágios médio e avançado de regeneração constituíam as categorias mais atingidas pelo desmatamento, perdendo aproximadamente 2.000 hectares (ou 20 km²) no período (ISA, 2000).

Estima-se que, entre 1989 e 1999, a Billings tenha sofrido um crescimento da ordem de 31,7%. Mais de 45% das ocupações urbanas registradas nos cinco municípios⁴¹ paulistanos da bacia ocorreram em áreas com sérias ou severas restrições ao assentamento, como encostas, regiões de aluvião ou várzeas impróprias para usos urbanos. Apenas 11,8% da mancha urbana se expandiu em áreas consideradas adequadas ou apropriadas para uso urbano (ISA, 2000).

Em 2000, segundo dados do IBGE e da Secretaria de Meio Ambiente de São Paulo, a população residente na região era de 863 mil pessoas, distribuídas nos municípios da bacia, principalmente em São Paulo e São Bernardo do Campo. No mesmo ano, a população residente em favelas era estimada em 161 mil (aproximadamente 19% do total) (ISA, 2000).

O diagnóstico mostrava, ainda, que as taxas de ocupação urbana eram significativas e

41. Municípios de Santo André, São Bernardo do Campo, Diadema, Ribeirão Pires e São Paulo.

preocupantes, pois passaram de 11,8% do total da bacia em 1989 para 14,6% em 1999. As construções não tinham sido autorizadas pelo poder público e figuravam no topo das ocorrências irregulares, respondendo por 41% dos 988 registros efetuados no período. Em segundo lugar, apareciam os movimentos de terra, tais como abertura de estradas e terraplanagem (com 26%) (ISA, 2000).

Na sequência, haviam sido identificados 90 processos de mineração cadastrados, embora apenas sete estivessem licenciados, abrangendo uma área total de 2.079 hectares. Outros 13.076,38 hectares estavam sendo requeridos para exploração mineral. É importante destacar que os vetores de expansão urbana dessa bacia já estavam se intensificando principalmente em função da ampliação dos anéis viários, que facilitariam ainda mais o acesso à região (ISA, 2000).

Em geral, as áreas de proteção são muito extensas, dificultando a fiscalização mais atuante, que depende exclusivamente dos esforços dos governos. A ação dos comerciantes imobiliários é muito intensa e disseminada. Agem por meio de títulos, escrituras de propriedade e todo o tipo de documentação forjada, parcelando o território e vendendo sem maiores problemas. Os compradores realizam negócios muitas vezes sabendo que se trata de área irregular (ROSS, 2004; REYDON, 2005).

Além disso, a incorporação dos loteamentos clandestinos em áreas legalmente protegidas possibilita uma valorização elevada da terra, favorecendo a atividade dos loteadores clandestinos. Em outras palavras, a terra é desvalorizada para os usos rurais determinados pela lei de proteção sendo, portanto vendida

para o loteador a um preço baixo. Mas, quando o loteador parcela a terra, vendendo-a em lotes de no máximo 125 m², sem custos de implantação do loteamento, obtém elevado retorno econômico (REYDON, 2005).

Os loteamentos clandestinos são desprovidos de infraestrutura, tal como rede e tratamento de esgoto, água, sistema de drenagem urbana, entre outros, despejando diariamente detritos sólidos e líquidos em estado bruto nas águas das bacias e sub-bacias da RMSP.

Com frequência, ocorre a remoção da vegetação para efeito de urbanização e consequente impermeabilização do solo, impossibilitando que a água seja absorvida no momento das chuvas.

O processo de expansão tem desconsiderado as características dos fatores naturais, impondo o mais severo e complexo conjunto de modificações diretas e indiretas ao meio físico, ultrapassando desta forma seus limites de tolerância (ROSS, 2004).

A região se expande porque, apesar da taxa de crescimento da metrópole estar em declínio (Tabela 13), esta ainda mantém considerável vigor demográfico, sobretudo, devido ao crescimento dos municípios do entorno.

Segundo o IBGE (2000), a taxa de crescimento desses municípios, na década de 1990, foi de aproximadamente 2,89% ao ano, bem superior à da capital no mesmo período, que foi de 0,91% ao ano.

Observa-se que, na década de 1970, houve um crescimento populacional na RMSP de 4,38% ao ano, passando para 1,68%, nos anos 90, e 1,33% em 2007.

TABELA 13: TAXA DE CRESCIMENTO ANUAL DA RMSP (1970 - 2007).

ANO	MUNICÍPIO DE SÃO PAULO	RM DE SÃO PAULO	TAXAS DE CRESCIMENTO (% A.A.)	
			MUNICÍPIO DE SÃO PAULO	RM SÃO PAULO
1970	5.962.856	8.178.241		
			3,58	4,38
1980	8.475.380	12.549.856		
			1,15	1,86
1991	9.610.659	15.369.305		
			0,91	1,68
2000	10.426.384	17.852.637		
			0,55	1,33
2007	10.834.244	19.586.265		

Fonte: Fundação IBGE / Fundação SEADE Censos Demográficos de 1940 a 2000; Projeção populacional de 2007. Elaboração: Projeto Regiões Metropolitanas e Pólos Econômicos do Estado de São Paulo - Desigualdades e Indicadores para as Políticas Sociais, NEPP/ UNICAMP-FINER.

TABELA 14: TAXA DE CRESCIMENTO ANUAL DOS MUNICÍPIOS DA RMSP (1970-2007).

Municípios	Taxa de Crescimento (% a.a.)			
	1970 / 1980	1980 / 1991	1991 / 2000	2000 / 2007
	Total	Total	Total	Total
RM de São Paulo	4,38	1,86	1,68	1,33
Arujá	6,09	7,20	5,26	4,34
Barueri	7,05	5,12	5,39	4,01
Biritiba Mirim	3,96	2,65	3,68	3,19
Caieiras	4,85	4,08	6,92	4,82
Cajamar	7,73	3,98	4,68	3,19
Carapicuíba	12,90	3,92	2,24	1,78
Cotia	7,26	4,92	3,85	3,17
Diadema	11,17	2,66	1,79	1,26
Embu	18,01	4,53	3,29	2,76
Embu-Guaçu	7,34	4,97	5,30	4,41
Ferraz de Vasconcelos	8,06	5,19	4,53	3,70
Francisco Morato	9,59	10,27	5,49	3,80
Franco da Rocha	3,33	4,86	2,70	2,28
Guararema	1,77	1,60	2,23	1,97
Guarulhos	8,38	3,61	3,54	2,67
Itapecerica da Serra	9,03	3,98	3,81	4,51
Itapevi	6,73	6,61	4,72	3,54
Itaquaquecetuba	9,50	7,67	5,86	4,39
Jandira	11,08	5,15	4,40	3,54
Juquitiba	5,49	4,31	3,28	2,92
Mairiporã	3,27	3,44	4,67	3,76
Mauá	7,24	3,32	2,40	1,83
Mogi das Cruzes	3,56	2,98	2,16	1,83
Osasco	5,27	1,63	1,59	1,25
Pirapora do Bom Jesus	2,54	4,71	5,07	4,36
Poá	4,95	3,41	2,60	1,85
Ribeirão Pires	6,82	3,79	2,36	1,92
Rio Grande da Serra	9,05	3,67	2,49	2,03
Salesópolis	1,08	0,56	2,65	2,19
Santa Isabel	5,35	2,47	1,62	1,34
Santana de Parnaíba	6,25	12,71	8,11	5,63
Santo André	2,80	0,98	0,61	0,60
São Bernardo do Campo	7,71	2,63	2,46	1,75
São Caetano do Sul	0,84	-0,80	-0,70	-0,34
São Lourenço da Serra	*	*	*	4,81
São Paulo	3,58	1,15	0,91	0,55
Suzano	6,11	4,22	4,15	3,37
Taboão da Serra	9,00	4,59	2,44	2,15
Vargem Grande Paulista	*	*	8,39	5,87

Fonte: Fundação IBGE / Fundação SEADE Censos Demográficos de 1970 a 2007; Projeção populacional de 2007.

Elaboração: Projeto Regiões Metropolitanas e Pólos Econômicos do Estado de São Paulo - Desigualdades e Indicadores para as Políticas Sociais, NEPP/UNICAMP-FINER

(*) Dados não disponíveis - municípios criados na década de 1990.

Analisando a metrópole como um todo, percebe-se que o polo (São Paulo) apresentou um ritmo de crescimento bastante reduzido nas últimas décadas, entretanto, vários municípios do entorno cresceram com taxas bastante significativas (Tabela 14). Entre estes, chama a atenção Santana do Parnaíba e Barueri, onde foram alocados inúmeros condomínios fechados para classes altas, como veremos a seguir, e que fizeram com que o crescimento dessa parcela regional se tornasse significativo, ligado a camadas de maior poder aquisitivo, que têm acesso a empreendimentos como Alphaville e Tamboré.

A redução da taxa de crescimento populacional da cidade de São Paulo tem várias explicações, uma delas é certamente o fato de que os custos das moradias nas cidades periféricas são mais acessíveis.

Esse indicador reforça a tese da continuidade do processo de crescimento tardio e concêntrico, ultrapassando os limites do município e expandindo-se pelos municípios vizinhos.

Pasternak e Bógus (2003) descrevem a cidade de São Paulo e, por extensão, a sua região metropolitana, como uma cidade dos anéis. De acordo com Pasternak (2003), quanto mais periférico for o anel, mais exclusão social e territorial.

“...o acréscimo populacional aloca-se principalmente na periferia. Entre 1996 e 2000, os três anéis centrais perderam quase 46 mil pessoas, e os anéis exterior e periférico ganharam mais de 600 mil habitantes. Os moradores mais pobres são impelidos para regiões cada vez mais distantes, tanto para o entorno da capital como para as cidades limítrofes. A polarização social, visível a olho nu, ganha novos contornos: a pobreza se espalha por todo o tecido municipal, enquanto que as classes mais abastadas se concentram em verdadeiros enclaves de riqueza, sobretudo na região sudoeste da capital. As demais camadas sociais se distribuem de forma espalhada, empobrecendo em direção a periferia.”

Pretéceille (1994), porém, alerta que esses anéis não devem ser associados pura e simplesmente com o “espaço típico de concentração de pobreza urbana”. O que hoje conhecemos como condomínios fechados na Região Metropolitana de São Paulo (e no Brasil, de um modo geral) eram originalmente grandes loteamentos

fechados (como é o caso de Alphaville, lançado em Barueri nos anos 1970), localizados em grandes glebas vazias na periferia metropolitana e destinados exclusivamente às classes altas.

A partir dos anos 1970, vários loteamentos fechados foram implantados em áreas periféricas da região metropolitana, em municípios como Barueri, Santana do Parnaíba e Cotia, gerando novas áreas de expansão da cidade e da região, principalmente nos eixos oeste e sul, regiões antes pobres ou despovoadas.

No início dos anos 1990, surgem os condomínios horizontais fechados propriamente ditos na região toda, sendo que um aumento gradual dos lançamentos desse tipo de residencial vem ocorrendo desde então (PRETÉCEILLE, 1994).

Assim, o anel periférico foi responsável por 55% do incremento populacional nos anos 1970; 97% do incremento populacional entre 1980 e 1991; e 127% nos anos 1990 (PASTERNAK E BÓGUS, 2003).

O aumento de mais de um milhão de pessoas no anel periférico compensou a perda de 265 mil pessoas nos anéis mais centrais. A região entre as avenidas marginais perdeu quase 130 mil residentes nos anos 1980 e mais de 168 mil nos anos 1990 (PASTERNAK E BÓGUS, 2003).

O número absoluto de novos moradores em São Paulo tem diminuído: o incremento populacional, que era de 2,5 milhões entre 70 e 80, reduz-se para 1,12 milhões nos anos 1980 e para 825 mil nos anos 1990. Mas, desde a década de 80, esse incremento se dá exclusivamente na periferia (PASTERNAK E BÓGUS, 2003).

Historicamente, esse padrão rádio-concêntrico se acelerou após os anos 1930, seguindo a lógica da concepção urbanística do prefeito paulistano Prestes Maia e seu Plano de Avenidas. O custo dos aluguéis e dos terrenos nas áreas já urbanizadas forçava a ocupação de territórios cada vez mais distantes, em áreas muitas vezes sem infraestrutura (PASTERNAK E BÓGUS, 2003).

Os custos para aquisição de casas e terrenos nas áreas já urbanizadas forçavam a ocupação das franjas da cidade, num processo de expansão territorial de ocupação na periferia de espaços já ocupados (PASTERNAK E BÓGUS, 2009).

Assim, o crescimento demográfico da metrópole assumiu determinadas características:

1. crescimento reduzido do núcleo central (São Paulo);

2. crescimento demográfico dos municípios do entorno, com exceção dos municípios do ABC (incluindo Diadema).

É importante ressaltar, entretanto, que quando se menciona a questão da expansão urbana na RMSP no futuro, esta não está diretamente relacionada a um aumento demográfico extraordinário. Basicamente, a expansão urbana ocorrerá em função dos custos já mencionados e de mudanças estruturais na vida das pessoas, relacionadas muito mais com a dimensão do domicílio e composição familiar.

A queda na taxa de fecundidade experienciada pela sociedade brasileira nas últimas décadas traz como consequência a redução do tamanho das residências, entretanto a demanda por casas e moradias se mantém procedente (GIVISIEZ et al., 2009)

A demanda por casas considerando o tamanho das residências torna-se extremamente relevante para o desenho das políticas públicas, uma vez que toda uma rede de infraestrutura e serviços se instala em função da presença de novas moradias. (GIVISIEZ et al., 2009)

A literatura brasileira reporta a um aumento do volume de residências para pessoas solteiras e o progressivo decréscimo de residências de cinco ou mais residentes. Esse fenômeno ressalta um momento de transição, com mudanças comportamentais significativas da sociedade, e traz uma particularidade, que seria o aumento do número de mulheres (chefes de domicílios) vivendo sozinhas (ALVES, 2004; DIEESE, 2004/2007).

Além disso, estudos realizados pelo Ministério das Cidades (2007) relativos à demanda habitacional no Brasil, para o período de 1993 a 2023, apontam um déficit significativo de habitações.

A demanda por habitações considera a necessidade de novas residências, resultado da própria dinâmica demográfica, mas o aumento demográfico não é necessariamente explosivo, não ultrapassando a taxa de reposição populacional de determinadas regiões (GIVISIEZ et al., 2009)

No caso da RMSP, o volume populacional em função da taxa de reposição pode ser

considerado significativo e, conseqüentemente, a demanda por novas habitações também.

O tamanho médio das habitações é mencionado como uma medida preliminar ou uma indicação da estrutura dos domicílios, considerando comparações internacionais (GIVISIEZ et al., 2009).

Quando o tamanho médio dos domicílios é realmente grande, significa que existem famílias estendidas e/ou a presença de uma alta taxa de fecundidade. Por outro lado, pequenos domicílios estão associados com famílias nucleares baseadas no casal com as crianças ou, ainda, a domicílios de idosos ou indivíduos solteiros (GIVISIEZ et al., 2009).

Quanto maior o tamanho, ou seja, maior o número de habitantes por domicílio com grandes ou várias famílias associadas, maior a taxa de fecundidade e/ou maior o nível de subdesenvolvimento de determinada localidade (GIVISIEZ et al., 2009).

A história revela que, em países da Europa, nos Estados Unidos e Canadá, a média do tamanho dos domicílios decaiu de cinco a seis habitantes (em 1850) para menos de três habitantes por domicílio no final do século XX (GIVISIEZ et al., 2009).

Os dados do Censo (1970-2000) mostram que, em 1970, o tamanho médio dos domicílios brasileiros era de 5,3 pessoas e, em apenas 30 anos, esse número diminuiu para 3,8 pessoas por domicílio.

De acordo com a PNAD (2007), em termos médios havia cerca de 2,3 adultos por domicílio em 2007. O declínio do número médio de adultos por domicílios reflete mudanças no arranjo familiar que vão além da queda da taxa de fecundidade, por exemplo, idade do indivíduo no primeiro casamento; taxa de mortalidade da região, tendência do adulto permanecer no domicílio dos pais; divórcios e terminos de relacionamentos; pessoas vivendo sozinhas, entre outros fatores.

Esses fatos interconectados sugerem que a RMSP está caminhando para uma nova fase de oportunidades de negócios imobiliários e, portanto, vivencia um momento propício para repensar as políticas públicas voltadas para uso e ocupação do solo.

Como vimos anteriormente, a desconcentração

industrial também impulsiona a expansão urbana para territórios cada vez mais periféricos, fazendo com que a região do entorno da cidade de São Paulo e do ABC se reproduza cada vez mais, levando infraestrutura, acessos e serviços que também demandam espaço para sua implantação.

À medida que os serviços vão se especializando e sofisticando, mais espaços são consumidos (ou ocupados), porque as oportunidades de negócios vão se ampliando e diversificando, demandando a incorporação de novas terras.

Entretanto, nesse processo de expansão e ocupação dos anéis periféricos (cada vez mais distantes), os arruamentos penetraram em áreas de solos frágeis, com declividade mais acentuada e com condições impróprias para urbanização, onde geralmente ocorre perda significativa de vegetação.

É preciso ficar atento às ocupações clandestinas, que ainda persistem e podem receber novo alento nos próximos anos, pois constituem em

muitos casos obras fora das normas construtivas e que, portanto, desconsideram as regras de parcelamento e uso do solo, introduzindo-se assim novas situações de risco.

Sistema viário, mobilidade e aspectos socioeconômicos

Arelada ao crescimento regional está a mobilidade no interior da metrópole paulistana. A mobilidade diária é resultado da articulação entre a hierarquia espacial de centros e subcentros econômicos; das condições do transporte coletivo, especialmente os itinerários, a periodicidade e as tarifas; e da dinâmica imobiliária, responsável pela localização dos diferentes setores sociais no território (AZEVEDO, 2004; BÓGUS & PASTERNAK, 2009).

O movimento de dez grandes rodovias (Figura 58) percorre todos os dias a cidade de São Paulo e, em grande parte, atravessa a cidade

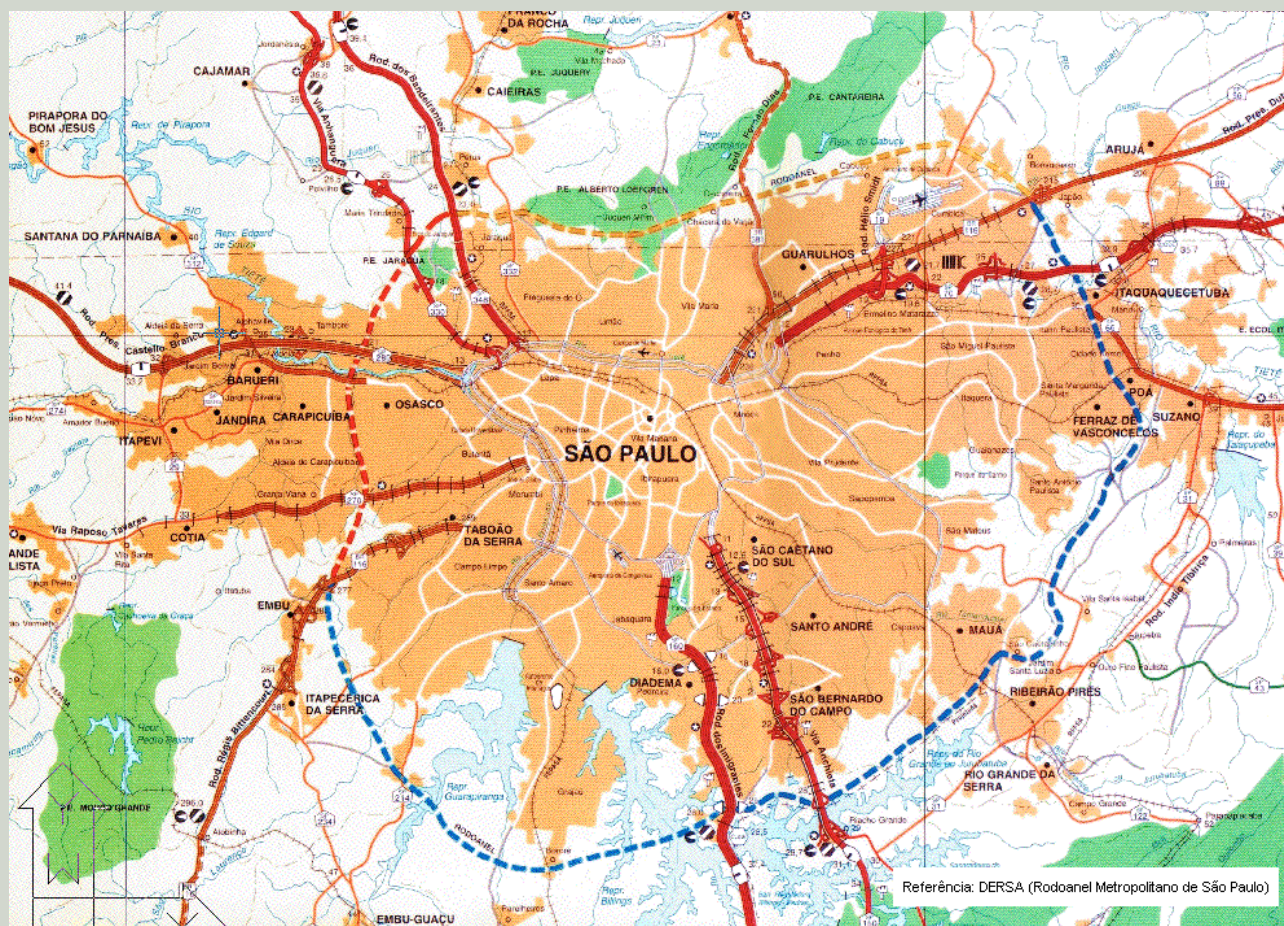


Figura 58: Sistema Viário e Rodoviário da Região Metropolitana de São Paulo.
Fonte: Dersa (2008).

rumo a outras localidades, ocasionando imenso congestionamento de trânsito na região. Todo o movimento das rodovias converge para a RMSP, onde o tráfego de passagem se une ao tráfego local (SEADE, 2009).

A infraestrutura do sistema viário - rodoviário e ferroviário - da RMSP é radial e centrada no município de São Paulo. Da capital partem os complexos viários dos sistemas Anhanguera-Bandeirantes, Dutra-Trabalhadores e Anchieta-Imigrantes, além das rodovias Raposo Tavares, Castello Branco, Marechal Rondon e Régis Bittencourt. A recente incorporação do Rodoanel, parcialmente construído, deverá interligar esses sistemas (SEADE, 2009).

Como as condições de acessibilidade ao mercado de trabalho e ao consumo são profundamente desiguais, a distância casa-trabalho/estudo e o tempo gasto nesse percurso são indicadores relevantes na compreensão dos mecanismos reprodutores das desigualdades socioespaciais (FRANCISCONI, 2004; BÓGUS & PASTERNAK, 2009).

A expansão da periferia foi impulsionada principalmente pelo mercado de terras e pela entrada em operação do transporte de passageiros nos ramais rodoviários, metrô e ferroviários. Núcleos residenciais foram se formando em torno dessas áreas. As ruas adjacentes às vias e sistemas de transporte tornaram-se longos eixos de acesso aos bairros, atingindo os municípios vizinhos da região metropolitana, compondo uma estrutura urbana baseada em corredores rodo-ferroviários (FRANCISCONI, 2004; BÓGUS & PASTERNAK, 2009).

Como a maior parte dos ônibus municipais, intermunicipais e transportes alternativos se dirige à área central, as consequências dessa estrutura convergente se relacionam ao comprometimento do trânsito nas marginais e principais avenidas, como a Radial Leste, Nove

de Julho, 23 de Maio, entre outras, acarretando menores velocidades de deslocamento, aumento do tempo de viagem e precariedade do sistema de transporte ligando os demais municípios da região (FRANCISCONI, 2004).

No que se refere à economia regional metropolitana, em 2006, o Produto Interno Bruto (PIB) da RMSP correspondia a R\$ 450,6 bilhões, representando 56,2% do PIB estadual. Trata-se da maior concentração econômica do país (IBGE, 2005; SEADE, 2009).

Na RMSP a atividade econômica não é distribuída de maneira uniforme, sendo que existem municípios que apresentam atividades econômicas muito complexas, como em São Paulo e no ABC, como também municípios com áreas de preservação onde as atividades econômicas são muito reduzidas (FRANCISCONI, 2004).

O setor terciário é predominante na região, mas apesar disso, a atividade industrial ainda é uma das mais significativas do país (OLIVEIRA, 2004).

A atividade agrícola tem se dado em determinadas áreas, apenas na produção de hortifrutigranjeiros. Sua participação no total do Estado se resume a apenas 0,73%. No extremo da região leste (Mogi das Cruzes, Suzano, Biritiba Mirim e Salesópolis), encontra-se parte do cinturão verde na RMSP (SEADE, 2009).

Existe uma predominância do setor de serviços⁴², tanto em termos de valor adicionado como de vínculos empregatícios (FRANCISCONI, 2004; OLIVEIRA, 2004).

A preponderância do setor de serviços pode sugerir, à primeira vista, um esvaziamento da atividade industrial da RMSP (SEADE, 2009). Entretanto, essa afirmação deve ser vista com extrema atenção.

42. No final da década de 1980, a região metropolitana começou a assistir os reflexos de um processo de desconcentração das atividades industriais e, conseqüentemente, da população – a reestruturação das atividades econômicas, a necessidade de inserção do país no contexto da globalização e o crescimento das atividades terciárias. São Paulo passou a ser conhecida como a “metrópole dos serviços”, em virtude do papel desempenhado por essas atividades no município.

Nas últimas décadas, o município de São Paulo foi perdendo sua participação percentual na produção industrial do país (CARLOS, 2004; SEADE, 2009). Ainda assim, a região metropolitana constitui um dos principais polos industriais do Estado e do país (SEADE, 2009).

O setor industrial agrega a indústria extrativa⁴³, de transformação, construção civil e serviços industriais de utilidade pública⁴⁴. O setor de serviços engloba o comércio (tanto atacadista como varejista) de transporte e os prestados às empresas (CARLOS, 2004; SEADE, 2009).

Para o comércio tem sido importante a proximidade com o maior mercado consumidor do país, o que faz com que 52% de todo o pessoal ocupado na atividade comercial do Estado esteja na RMSP (SEADE, 2009).

Mas é nos serviços prestados por empresas diversas que se pode verificar a importância da integração entre os vários setores da economia metropolitana.

Ainda no setor de serviços, a RMSP concentra as atividades de gestão de importantes complexos industriais, comerciais e financeiros, mercado financeiro e de capitais, entre outras, o que atrai grandes grupos empresariais que optam pela maior contiguidade espacial das atividades de comando, produção, pesquisa e desenvolvimento (P&D) (SEADE, 2009).

O município de São Paulo, em especial, oferece todos os serviços modernos requeridos para o funcionamento das empresas e típicos de uma metrópole contemporânea.

A capital é o principal centro financeiro do país, possuindo a maior Bolsa de Valores da América Latina, a Bovespa, e a Bolsa de Mercadorias e de Futuros, a BM&F (SEADE, 2009).

Na área de saúde, a capital concentra hospitais, clínicas e serviços médico-hospitalares (SEADE, 2009).

A disponibilidade de recursos para pesquisa⁴⁵, mão-de-obra especializada, uma rede universitária avançada, a dimensão de seu mercado e a extensa rede de comunicações entre as empresas acabam atraindo para a cidade de São Paulo (e região) outros segmentos da indústria de alta tecnologia (SEADE, 2009).

A região do ABC tem localização privilegiada, pela proximidade com o município de São Paulo, o Aeroporto Internacional de Guarulhos e o Porto de Santos, acompanhando ferrovias e rodovias (SEADE, 2009).

Na indústria, destacam-se as produções automobilística e de autopeças, de máquinas e equipamentos, de produtos de borracha, entre outras (SEADE, 2009).

A maioria dos municípios da região do ABC surgiu como subúrbios industriais que se fixaram acompanhando as ferrovias e, mais tarde, as rodovias, ambas marcando fortemente a dinâmica urbana regional e a construção de infraestrutura viária, fundamental para a articulação econômica com as demais regiões de São Paulo, do país e do exterior. A região será ainda fortemente impactada, do ponto de vista da integração regional, com as construções do Rodoanel e do tramo-sul do Ferroanel⁴⁶ (SEADE, 2009).

Os municípios que compõem o ABC paulista são economicamente dinâmicos e de grande porte, com exceção de Rio Grande da Serra e Ribeirão Pires, que contemplam uma significativa parcela da área de proteção aos mananciais (ROLNIK et al., 2002; SEADE, 2009).

A estrutura da indústria da região do ABC tem expressiva presença do setor de bens de capital. Sua principal divisão industrial é a produção automobilística e de autopeças. Destaca-se também a indústria química (SEADE, 2009).

O setor de serviços do ABC é bastante variado, incluindo instituições financeiras, transporte, construção civil e todos os serviços de apoio às indústrias, com alta especialização de recursos

43. A indústria extrativa retira a matéria-prima da natureza para ser utilizada em outras indústrias.

44. Serviços industriais de utilidade pública são, por exemplo, manutenção de áreas públicas, coleta de resíduos, limpeza etc.

45. Na região, localiza-se o maior complexo científico-tecnológico do país, com a presença de inúmeros institutos, centros de pesquisa e universidades, destacando-se a Universidade de São Paulo (USP), o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), a Fundação Getúlio Vargas (FGV), entre outros.

46. Os governos Federal e de São Paulo decidiram priorizar a construção do Tramo-Sul do Ferroanel, que deverá ser entregue até o final de 2010. A via férrea é resultado do planejamento estratégico para desenvolvimento do Porto de Santos, facilitando o escoamento de cargas.

humanos nas áreas técnicas e tecnológicas (SEADE, 2009).

A porção leste da RMSP encontra-se localizada ao longo das rodovias Dutra, Fernão Dias e Ayrton Senna. Essa região constitui o maior entroncamento ferroviário da RMSP, o que possibilita a integração com o Porto de Santos e a região do ABC (SEADE, 2009).

Além disso, encontra-se na área de influência do tramo-sul do Ferroanel e do tramo-leste do Rodoanel. Em Itaquaquetuba, localizam-se um terminal de cargas e a Estação Aduaneira Interior (Eadi) (SEADE, 2009).

No setor secundário da Zona Leste, são encontrados produtos da indústria extrativa de pedras, areia, cal e caulim e artigos como borracha e plástico, entre outros, que formam um importante arranjo produtivo local (SEADE, 2009).

A indústria regional engloba, ainda, a produção de refratários, tratores, vidro e cristais, produtos químicos e farmacêuticos (SEADE, 2009).

A porção oeste da RMSP apresenta importantes disparidades urbanas, com luxuosos condomínios residenciais e loteamentos empresariais, comerciais e de serviços dotados de infraestrutura completa em saneamento básico e áreas de lazer, contrapondo-se às áreas localizadas fora dos condomínios, que possuem múltiplas carências (SEADE, 2009).

Nessas áreas, observam-se alta concentração populacional, praticamente inexistência de atividades econômicas dinâmicas e precariedades quanto a saneamento básico, transporte, habitação, educação e saúde (SEADE, 2009).

O município de Osasco é o maior desse território, com mais de 650 mil habitantes (SEADE, 2009). As maiores concentrações industriais da Zona Oeste encontram-se em Barueri e Osasco.

O setor terciário apresenta comércio e atividades de serviços diversos, com destaque para as empresas

de distribuição e logística, especialmente em Barueri (CARLOS, 2004; SEADE, 2009).

O turismo é uma atividade bastante relevante em alguns municípios: Santana do Parnaíba possui importante patrimônio cultural e histórico; Pirapora do Bom Jesus, turismo religioso; Cotia e Vargem Grande Paulista, ecoturismo; Cotia, produção de flores e frutas (turismo sazonal) (SEADE, 2009).

Já a porção norte da RMSP foi inicialmente estruturada ao longo do antigo eixo Campinas-São Paulo, a estrada Anhanguera. Alguns municípios possuem alta densidade populacional, como Francisco Morato⁴⁷, e demandam políticas de desenvolvimento abrangentes, com ampliação dos serviços, tanto na área de infraestrutura como na social, incluindo programas de geração de emprego e renda (SEABRA, 2004; SEADE, 2009).

A indústria local, embora pouco expressiva para a RMSP, tem como principais setores os de artigos de borracha e plástico, metalurgia básica e artefatos de concreto, cimento e gesso (SEADE, 2009).

No setor terciário, podem ser destacadas as atividades imobiliárias, em Mairiporã, e atividades turísticas, com potencial de desenvolvimento nas áreas de reservas florestais, rios, parques e barragens na região (SEADE, 2009).

Em Franco da Rocha e Caieiras, encontra-se o Parque Estadual de Juquery, que ainda conta com áreas remanescentes de cerrado (SEADE, 2009).

As invasões e a ocupação sem controle de terrenos protegidos pela Lei de Proteção aos Mananciais representam um dos mais graves problemas da região, paralelamente à falta de infraestrutura de saneamento básico, principalmente em Caieiras, Franco da Rocha e Francisco Morato (ROSS, 2004).

A porção sudoeste da RMSP localiza-se basicamente ao longo da Rodovia Régis Bittencourt, onde se concentra grande parte da atividade industrial da região.

47. A população estimada em 2009 era de 157.294 habitantes e a área é de 49,2 km², o que resulta numa densidade demográfica de 3.197,03 hab/km² (IBGE, 2009).

É uma região de elevada densidade populacional, principalmente em municípios como Taboão da Serra, que até a década de 1990 cumpria dois papéis: cidade-dormitório e centro industrial (SEADE, 2009).

Segundo a Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Habitação (SEMUDUH, 2010), atualmente o município não é mais uma cidade-dormitório, possuindo terras com elevado valor imobiliário, especialmente nas proximidades da Rodovia Régis Bittencourt (BR-116); e com relação a seu papel como centro industrial, observa-se que, desde o início de 2000, frente ao aumento dos custos do transporte e aos problemas de trânsito, muitas indústrias deixaram a cidade, a qual passou a se caracterizar mais como um pólo de atração de serviços.

Já o município de Juquitiba apresenta concentração econômica modesta e ambiente empobrecido, com baixa oferta de equipamentos urbanos, culturais e algumas atividades voltadas ao lazer (pesqueiros, campings etc.) (SEADE, 2009).

Diante de todo este contexto regional, um aspecto extremamente relevante é o fato de que na Região Metropolitana de São Paulo não se constata a existência de uma agência metropolitana ou órgão específico capaz de fornecer subsídios para cooperação intermunicipal através de ações e instrumentos de gestão integrada.

É preciso destacar, entretanto, a existência da Agência de Desenvolvimento Econômico do Grande ABC, que tem por objetivo implementar políticas integradas na região. Apesar disso, existem grandes dificuldades para a cooperação interinstitucional tanto em razão das desigualdades sociais existentes quanto pela ausência de políticas e instrumentos institucionais que incentivem e impulsionem a cooperação entre os municípios paulistas (ROLNIK et al., 2002).

A RMSP apresenta sérios problemas relativos à desigualdade social, política e econômica. A precariedade das condições de moradia da população metropolitana reúne um conjunto de características estreitamente relacionadas entre si: falta de abastecimento de água, de esgotamento sanitário e pavimentação das ruas, ilegalidade das ocupações, insalubridade de diversas moradias, entre outras. Essas características encontram-se

concentradas nas áreas mais populares, periferias e favelas (SEADE, 2009).

De acordo com o Relatório de Qualidade Ambiental do Estado de São Paulo – 2007, preparado pela Secretaria do Meio Ambiente com informações referentes a 2006, a disposição final de resíduos sólidos mostra-se adequada na maior parte da região. Entretanto, em Embu-Guaçu, Juquitiba, Itapeverica da Serra e São Lourenço da Serra, esse indicador mostrou-se inadequado (SEADE, 2009).

No que se refere à carga orgânica doméstica, as taxas registradas estão entre as piores do Estado, sendo que a maioria dos municípios apresenta baixos índices de coleta e nenhum tratamento (SEADE, 2009).

O município de São Paulo está entre os que exibem índices mais equilibrados (93% de coleta e 66% de tratamento), mas seus problemas nessa área estão longe de uma solução rápida (SEADE, 2009).

Salesópolis, com 99% de coleta e 90% de tratamento, registra os índices mais elevados. O município de São Caetano do Sul apresenta 100% de coleta, mas 0% de tratamento, enquanto outros possuem 100% de tratamento e coleta muito baixa, como Embu-Guaçu (21%), São Lourenço da Serra (20%) e Juquitiba (13%). Os piores índices são de Vargem Grande Paulista (19% de coleta e 0% de tratamento) e Itapeverica da Serra (4% de coleta e 0% de tratamento) (SEADE, 2009).

Nesse caso, parece fundamental o desenvolvimento de uma política metropolitana envolvendo programas e ações voltados para o enfrentamento dos limites e bloqueios para a cooperação institucional entre os governos municipais da metrópole.

Da mesma forma, torna-se necessário investir no fomento de mecanismos e instrumentos de controle social e na capacitação dos atores locais, de forma a contribuir e orientar a adoção de (i) modelos de gestão baseados na governança democrática; (ii) políticas públicas de enfrentamento das desigualdades sociais identificadas e na ampliação da qualidade de vida dos municípios; (iii) um programa de reformas técnico-administrativas necessários à criação das bases materiais para uma gestão baseada na cooperação interinstitucional.



Marle Roberto Duran Ortiz/Mariorio/Creative Commons

apêndice 7

Sugestões para adaptação às mudanças climáticas na RMSP

A avaliação local e regional da vulnerabilidade às mudanças e variações do clima indica que cada vez mais cedo medidas de adaptação em escalas apropriadas serão essenciais. No painel “Megacidades e Vulnerabilidades às Mudanças Climáticas”, foram discutidas algumas medidas de adaptação para o caso da Região Metropolitana de São Paulo.

Uma das medidas importantes é que os planos urbanísticos deixem de ser regidos exclusivamente por decisões do setor imobiliário. Certamente, os ganhos desse setor podem ser ainda maiores com aumento do conforto urbano e ambiental. Se o conforto ambiental não fosse reconhecido na atualidade, os condomínios e edifícios próximos de áreas verdes não seriam os mais procurados e valorizados.

Dentro dessa perspectiva, deve-se considerar também a adaptação dos sistemas de transporte. As ferrovias são uma alternativa de significativa importância para redução do número de veículos do sistema viário (incluindo o transporte de cargas que atravessa São Paulo), reduzindo a queima de combustíveis e a emissão de poluentes.

Nesse sentido, investimentos na ampliação das linhas de metrô e trens interurbanos deveriam ser mantidos, uma vez que transportam grandes quantidades de passageiros e reduzem o número de veículos nas ruas e avenidas.

Percebe-se, porém, um avanço bastante pequeno no sentido do aumento da participação das ferrovias na matriz de transportes brasileira. Um dos principais entraves a uma maior eficiência das operações ferroviárias são as distâncias médias percorridas, elevando os custos operacionais (CNT/SEST/ SENAT, 2006).

Sugestões para adaptação às mudanças climáticas na RMSP

A avaliação local e regional da vulnerabilidade às mudanças e variações do clima indica que cada vez mais cedo medidas de adaptação em escalas apropriadas serão essenciais. No painel “Megacidades e Vulnerabilidades às Mudanças Climáticas”, foram discutidas algumas medidas de adaptação para o caso da Região Metropolitana de São Paulo.

Uma das medidas importantes é que os planos urbanísticos deixem de ser regidos exclusivamente por decisões do setor imobiliário. Certamente, os ganhos desse setor podem ser ainda maiores com aumento do conforto urbano e ambiental. Se o conforto ambiental não fosse reconhecido na atualidade, os condomínios e edifícios próximos de áreas verdes não seriam os mais procurados e valorizados.

Dentro dessa perspectiva, deve-se considerar também a adaptação dos sistemas de transporte. As ferrovias são uma alternativa de significativa importância para redução do número de veículos do sistema viário (incluindo o transporte de cargas que atravessa São Paulo), reduzindo a queima de combustíveis e a emissão de poluentes.

Nesse sentido, investimentos na ampliação das linhas de metrô e trens interurbanos deveriam ser mantidos, uma vez que transportam grandes quantidades de passageiros e reduzem o número de veículos nas ruas e avenidas.

Percebe-se, porém, um avanço bastante pequeno no sentido do aumento da participação das ferrovias na matriz de transportes brasileira. Um dos principais entraves a uma maior eficiência das operações ferroviárias são as distâncias médias percorridas, elevando os custos operacionais (CNT/SEST/ SENAT, 2006).

Uma solução para conciliar as pequenas distâncias percorridas pelos trens brasileiros com a necessidade de redução de caminhões que circulam em São Paulo seria a implantação de sistemas de transporte intermodais, com a criação de entrepostos localizados em pontos

estratégicos fora da RMSP. Os entrepostos situados nas rodovias estariam interligados às ferrovias, que por sua vez estariam conectadas aos principais portos e aeroportos.

Ainda com relação às medidas de adaptação, outro aspecto importante se refere ao balanço de água no solo ou balanço hídrico. A chuva e o orvalho dependem do clima da região (interação com a atmosfera), enquanto as demais entradas no sistema hídrico dependem do tipo de solo, relevo e da presença de vegetação (TOMASELLA et al, 2005). As intervenções urbanas resultantes da impermeabilização da superfície alteram as condições de circulação da água no interior do solo, provocando soerguimento ou rebaixamento do lençol freático (DAEE, 2009).

A intensificação dos processos de solubilização e lixiviação que provocam a destruição das estruturas do solo, decorrentes da mudança do regime hídrico, podem resultar em abatimentos da superfície. Esse fenômeno de larga ocorrência no município de São Paulo tem onerado a manutenção da rede viária. As marginais do Tietê, Pinheiros, Avenida Nove de Julho e dos Bandeirantes são alguns exemplos (DAEE, 2009).

Uma solução apresentada pela prefeitura para reduzir a taxa de impermeabilização do solo foi a implantação de parques lineares. Esses parques, além de representarem expansão da área verde na cidade de São Paulo, contribuirão para melhorar a permeabilidade do solo, minimizando as enchentes, além de proteger os cursos d'água ainda não canalizados (SECRETARIA DO VERDE E MEIO AMBIENTE DA PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2006).

A Secretaria do Verde e do Meio Ambiente tem recursos do Fundo de Desenvolvimento Urbano (FUNDURB), da ordem de R\$ 38 milhões, para a implantação de cinco parques. Os recursos para a construção de outros seis parques também previstos pela secretaria devem ser obtidos através de compensações ambientais (SECRETARIA DO VERDE E MEIO AMBIENTE DA PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2006).

Na região do Alto Tietê, o governo do Estado prevê a implantação de um extenso parque linear constituído de grandes piscinas que deverão funcionar como várzeas “naturais” recobertas por vegetação, aumentando a capacidade de retenção das águas no período de cheias. O

projeto do parque inclui a recuperação de 3,8 milhões de metros quadrados de matas ciliares do Tietê (SECRETARIA DE SANEAMENTO E ENERGIA, 2009).

A preservação efetiva da Área de Preservação Ambiental (APA) do Parque do Carmo é outra medida de adaptação extremamente importante. Trata-se de um conjunto de fragmentos de vegetação abrangendo praticamente toda a cabeceira do Rio Aricanduva e de alguns de seus tributários (DAEE, 2009; SILVA, 2010).

Outra questão seria a quantificação dos benefícios decorrentes das medidas de adaptação às mudanças climáticas, que parece ser uma alternativa extremamente necessária para a viabilização de ações. Recentemente, uma experiência deste tipo foi realizada pelo (DAEE, 2009).

Em áreas de grande circulação de veículos foram considerados os custos de interrupção ou atraso no tráfego causado pelas inundações. Devido à redução na velocidade média, em geral, triplicam-se os custos normais de operação dos veículos. Para veículos particulares, os valores variam de R\$ 0,26/km a R\$ 0,78/km. No caso de caminhões, de R\$ 1,50/km para R\$ 3,00/km (DAEE, 2009).

O tempo médio perdido pelos passageiros e motoristas durante interrupções de tráfego causadas pelas inundações corresponde a três horas e estima-se que corresponda a: R\$ 6,00/h/passageiro (veículos particulares) e R\$ 2,00/h/passageiro (ônibus e caminhões) (DAEE, 2009).

O processo para adaptação às mudanças climáticas se inicia com a tomada de consciência do risco ambiental, tecnológico e social que se projeta no futuro. Somente com uma população consciente desses riscos será possível o debate transparente e participativo sobre as alternativas para mitigá-los.

É fundamental construir um espaço de negociação capaz de envolver os setores públicos e privados, como também o terceiro setor, na construção de uma política metropolitana de enfrentamento dos efeitos das mudanças

climáticas, que se manifeste em programas de curto, médio e longo prazo e que se concretize em projetos alternativos de uso e ocupação do território.

Diretrizes para o desenvolvimento sustentável na RMSP

É necessário iniciar um processo permanente de avaliação ambiental estratégica e constante monitoramento, que indique vias (ou meios) de desenvolvimento limpo/sustentável para a Região Metropolitana do São Paulo no século XXI. Nesse sentido, algumas diretrizes foram sugeridas:

Setor público

O poder público deverá estabelecer a obrigatoriedade de avaliação da dimensão climática nos processos decisórios referentes às políticas públicas, de forma a estabelecer:

- Ampliação da capacidade de observação sistemática e modelagem climática, geração de cenários climáticos futuros causados pelo aquecimento global e influência relativa do processo de urbanização;
- Implantação de uma rede de monitoramento climático na Região Metropolitana de São Paulo;
- Avaliação dos impactos das mudanças climáticas sobre a saúde humana, promovendo medidas para redução ou prevenção dos impactos;
- Formatação de um banco de dados climático, incorporando informações históricas (séries históricas) bem como os registros a serem gerados pela rede de monitoramento da região;
- Desenvolvimento de estudos sobre “ilhas de calor urbano”, com auxílio de universidades e instituições envolvidas, para fins de planejamento urbano e regional, considerando a eficiência climática da região em diferentes

períodos do ano;

- Estabelecimento de práticas visando promover a eficiência energética em todos os setores e regiões, incluindo a definição de padrões mínimos de eficiência energética para produtos e processos;

- Investimentos na melhoria dos sistemas de capacitação e aparelhamento para fiscalização e punição de atividades emissoras de gases de efeito estufa (GEE), conforme proposto pelo Observatório do Clima (2009);

- Atração de investimentos para a implantação de projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo e de outros mecanismos internacionais do mercado de carbono conforme proposto pelo Observatório do Clima (2009);

- Análise, promoção e implementação de incentivos econômicos para setores produtivos que assumam compromissos de redução de emissões de GEE ou sua absorção por sumidouros (com a ampliação das áreas florestais remanescentes ou de reflorestamento e implementação de medidas efetivas para manutenção dos estoques de carbono);

- Implementação do Plano de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê, envolvendo todos os municípios da RMSP e a sociedade (com revisão e apresentação de custos comparativos judicialmente auditados entre grandes obras de engenharia e a implantação de alternativas como, por exemplo, de parques lineares);

- Aplicação de recursos vinculados destinados à pesquisa científica no estudo das causas e consequências do aumento de temperatura e mudanças dos regimes hidrológicos, especialmente os extremos, na região, bem como em pesquisa tecnológica visando a busca de alternativas para a redução da poluição atmosférica, poluição dos corpos d'água e do solo, elaboração de modelos hidrológicos, ou seja, estudos voltados à adaptação da sociedade às mudanças do clima.

Instrumentos de informação e gestão

- O Poder Executivo local deverá publicar um Plano de Ação Integrado para implementação de objetivos comuns (órgãos e setores da sociedade) visando minimizar os impactos das mudanças climáticas, a ser elaborado pelas instituições técnicas responsáveis com a participação da sociedade civil através de discussões em fóruns e plenárias.

- O Poder Executivo local deverá publicar também um documento de comunicação contendo informações sobre as medidas executadas para reduzir e permitir adaptação às mudanças climáticas, utilizando metodologias nacionais ou internacionalmente aceitas, devidamente adaptadas à realidade brasileira, quando couber.

- Os estudos necessários para a publicação do documento de comunicação deverão ser financiados com o apoio do Fundo Nacional de Mudanças Climáticas (FNMC), entre outros fundos públicos e privados criados a partir das discussões com a sociedade e especialistas da área. O Poder Executivo local deverá disponibilizar o inventário ao público geral.

Instrumentos de comando e controle

Reforçam-se alguns instrumentos propostos pelo DAEE (2009), onde por meio de uma ação conjunta, DAEE, Defesa Civil e Prefeituras Municipais da região deverão criar instrumentos de restrição à impermeabilização das áreas urbanas, tais como:

- Coibir a construção de edifícios (novas construções) em áreas com declividade acentuada e de preservação permanente através do controle de alvarás e licenças; embargos de obras; bem como incentivos fiscais para quem respeitar as regras ao longo dos anos de ocupação (redução progressiva do IPTU);

- Introduzir nos regulamentos de outorga já existentes, que caberia ao DAEE a outorga para obras civis que possam resultar em impactos sobre o regime de deflúvios superficiais na bacia;

- Implantar um de Sistema de Alerta a Enchentes,

Inundações e Deslizamentos na Bacia do Alto Tietê, envolvendo a população, a defesa civil e órgãos competentes.

Instrumentos econômicos

- As Secretarias da Fazenda e Planejamento deverão proceder à quantificação dos benefícios decorrentes das medidas de adaptação às mudanças climáticas, uma vez que esta constitui uma alternativa extremamente necessária para a viabilização de ações.
- As questões relativas aos custos e benefícios decorrentes, por exemplo, da redução nos índices de doenças e mortalidade (causadas por inundações, deslizamentos e períodos de seca), impactos positivos na paisagem (em função das melhorias visando equilíbrio das condições climáticas) devem ser identificadas, quantificadas e amplamente divulgadas no orçamento participativo de cada município.
- Uma das abordagens que poderão ser adotadas refere-se à quantificação dos danos evitados - quanto aos aspectos de bens, propriedades, equipamentos, produção, paralisação do processo produtivo, atrasos nos deslocamentos, sobrecargas dos serviços públicos de saúde e salvamento (hospitais, emergências etc.).

Anexos

ANEXO 1- PROPOSTAS PARA VIABILIZAÇÃO DE MEDIDAS DE ADAPTAÇÃO NA RMSP

Identificação das áreas de risco (mapeamentos)		Objetivos				Escala			
Risco	Áreas vulneráveis da RMSP	Objetivos Gerais	Objetivos Específicos	Critérios	Justificativas	Escala de trabalho (dos mapeamentos realizados)	Tem necessidade de ampliar as escalas de trabalho? Por que?	Quais as organizações ou entidades envolvidas no processo?	
ENCHENTES/INUNDAÇÕES	Bacias dos rios Tietê, Pinheiros, Tamanduateí, Aricanduva, Ribeirão dos Meninos, Pirajuçara, Cabuçu.	Reduzir os impactos relativos a enchentes e inundações na RMSP (ex.: controle e monitoramento das áreas suscetíveis a enchentes; obras de drenagem com sistemas integrados - implantação de parques lineares com proteção de margens e várzeas das bacias; controle e monitoramento meteorológicos, implantação de sistemas de alerta de enchentes). Executar o planejamento bioclimático da RMSP com estudos de eficiência energética das áreas urbanas (ex. : aproveitamento da energia solar, ventos, brisas, águas das chuvas etc.).	Dependerá da ampliação de escalas e especificação das tipologias de risco, bem como da identificação das características da população afetada (dados sociodemográficos). Dependerá também da percepção dos riscos por parte da sociedade e órgãos de governo reponsáveis, das tecnologias disponíveis e custos envolvidos.	Deve-se analisar a eficácia e eficiencia dos sistemas (ex.: de drenagem, monitoramento meteorológico, monitoramento das áreas de risco e alerta a população). Além disso, deve-se ponderar a equidade das decisões (ex.: quem perde e quem ganha com a adaptação) e a legitimidade do processo (ex.: alternativas propostas, viabilidade, custos de implantação, tempo de execução, procedimentos para operacionalização, interesses diversos ou falta de interesse, entre outros).	Dependerá da ampliação de escalas e especificação das tipologias de risco, bem como da identificação das características da população afetada (dados sociodemográficos). Dependerá ainda, da percepção dos riscos por parte da sociedade e órgãos de governo reponsáveis, das tecnologias disponíveis e custos envolvidos.	1:250.000	Sim. Para medidas de adaptação é necessário uma visualização mais detalhada dos riscos em escalas aproximadas (1:10.000) - com especificação da tipologia do risco e localidades afetadas.	Neste caso, seria necessário um levantamento detalhado, mas inicialmente seriam: prefeituras, órgãos responsáveis por mapeamentos distintos (Emplasa, DAEE, IPT, Secretarias do Estado e Municípios da RMSP etc.); Defesa Civil, Corpos de Bombeiros, Setores de Emergência dos Hospitais, Assistência Social etc.	
	Bairros mais afetados na cidade de São Paulo: Zona Oeste - Butantã, Lapa ; Zona Sul - Campo Limpo; Zona Leste - Guaianazes, Cidade Tiradentes, Aricanduva, Vila Itaim; Zona Norte - Pirituba, Casa Verde, Jaçanã, Perus. Municípios da RMSP: Norte- Franco da Rocha; Sul - Santo André, São Bernardo, Mauá, Leste - Suzano, Guarulhos.					Os bairros não foram mapeados (apenas identificados).			
DESLIZAMENTOS	Zona Norte - Serra da Cantareira; Zona Sul e Sudeste - Serra do Mar ; Zona Oeste - São Lourenço da Serra; Zona Leste (município de Mauá) - Morro do Cruzeiro e Morro do Macuco.	Reduzir os impactos relativos a deslizamentos na RMSP (ex.: controle e monitoramento das regiões sujeitas a deslizamentos, punição para o desmatamento e ocupação de APPs, controle e monitoramento meteorológicos, implantação de sistemas de alerta de deslizamentos, recuperação das áreas de lixões e antigos aterros).				1:250.000 Os bairros não foram mapeados (apenas identificados).	Idem (item anterior).	Idem (item anterior).	
	Bairros mais afetados da cidade de São Paulo: Zona Sul - Campo Limpo, Capão Redondo e Jardim Ângela ; Zona Oeste - Butantã; Zona Norte - Perus e Brasilândia; e na zona leste - Sapopemba, São Mateus, São Rafael e Itaquera. Em Mauá - Jardim Zaira, Jd. Elida; São Bernardo do Campo - Rudge Ramos; Santana do Parnaíba - Bairro 120; Itaquaquecetuba - Bairro Monte Belo.								
LEPTOSPIROSE	Bacias dos rios Tietê, Pinheiros, Tamanduateí, Aricanduva, Ribeirão dos Meninos, Pirajuçara, Cabuçu.	Reduzir os impactos relativos a enchentes/riscos de leptospirose na RMSP (ex.: controle e monitormamento das regiões sujeitas a riscos de leptospirose, implantação de sistemas de alerta).				1:250.000	Sim. É necessário localizar as áreas mais afetadas (favelas, bairros etc.); quantificar o número de casos e mortes (postos de saúde, hospitais).	Neste caso, seria necessário um levantamento detalhado, mas inicialmente seriam: prefeituras, órgãos responsáveis por mapeamentos distintos (Emplasa, Secretaria de Saúde, Secretarias do Estado e Municípios etc.); Setores de Emergência dos Hospitais, Assistência Social etc.	
	Áreas com presença de favelas da RMSP.	Trabalhos de esclarecimento nas comunidades (favelas e bairros do entorno)							
DOENÇAS RESPIRATÓRIAS	Marginal Tietê, Pinheiros e entorno.	Reduzir os impactos relativos a poluição do ar (ex.: controle e monitoramento da qualidade do ar, medidas de mitigação dos gases de efeito estufa, punição para o desmatamento, melhoria do sistemas de transporte público de massa para redução de veículos nas ruas; fiscalização das empresas responsáveis pela gestão de aterros sanitários no controle e redução progressiva das emissões de gases de efeito estufa provenientes de suas estações de tratamento).				1:250.000	Idem (item anterior).	Idem (item anterior).	
	Áreas com presença de favelas da RMSP.	Trabalhos de esclarecimento nas comunidades (favelas e bairros do entorno)							

Contexto						Percepção	
	Jurisdição	Quais os setores da sociedade envolvidos na decisão de adaptar-se ou não?	Foi realizada a transferência de informações sobre os riscos?	Quais as tecnologias disponíveis para combater os riscos?	Quais as medidas necessárias ou disponíveis para o início do processo?	Que medidas podem auxiliar a percepção e participação da população?	
	A jurisdição é algo que perpassa interesses e poderes distintos, portanto é necessário esclarecer e definir as competências, alçadas, atribuições, poder e influência, dentro de uma visão integrada do sistema de implantação de medidas de adaptação.	Seria necessário especificar cada um dos setores envolvidos, mas basicamente todos os setores públicos e privados da RMSP deveriam ser convocados ou alertados sobre as áreas de risco e o processo de tomada de decisão.	Sim, até o presente momento foram realizados workshops e entregas oficiais do relatório sobre as mudanças climáticas e seus impactos (com mapeamentos de risco na escala 1:250.000). Os workshops foram realizados entre 2009 e 2010 com especialistas do exterior (Nasa etc.); entidades de pesquisade e universidades do Estado de SP (INPE, Unicamp, USP, Unesp, IPT etc.); prefeitura, órgãos públicos e entidades do governo (secretarias do estado e municipais, câmara de vereadores, Cetesb, Secretaria do Meio Ambiente, Emplasa etc.). Todas as formas de mídia foram acionadas e participaram do processo de divulgação do relatório. Entretanto, é necessário destacar que este deve ser um processo contínuo. Assim, novos estudos com escalas mais detalhadas devem ser realizados para que se possa prosseguir adequadamente com o processo de tomada de decisão. Nenhuma medida de adaptação pode ser tomada sem o detalhamento dos riscos e das áreas vulneráveis.	O DAEE tem estudos relativos ao Plano de Macrodrenagem da Bacia do Rio Tietê; o governo de São Paulo tem estudos relativos a implantação de um parque linear na bacia do Tietê (zona leste da RMSP).	Melhorar a rede de monitoramento c/ estações meteorológicas renovadas; implantar um sistema de alerta integrado com monitoramento das áreas de risco (e orientação/participação das populações envolvidas) e banco de dados sobre os acidentes/desastres. Implantação de uma rede de monitoramento climático na RMSP incorporando informações históricas (séries climáticas históricas) bem como novos registros. Implantar um sistema integrado de parques lineares e áreas de proteção permanente. A implantação de parques lineares é um conceito incorporado no Plano Diretor Estratégico da Cidade de SP, criado pela Lei nº 13.430/2002, com o intuito de recuperar fundos de vale e cursos d’água, resgatando sua função e também como parte do sistema de drenagem urbana. Implantar um sistema de controle da impermeabilização do solo (através de licenças das prefeituras e do DAEE). Implementação de medidas para aumentar a permeabilidade do solo como uso de malha asfáltica semipermeável, bem como incentivos fiscais para construções de reservatórios de água de chuva (cisternas) em edifícios e residências.	O DAEE realizou a quantificação dos benefícios decorrentes da implantação de obras de drenagem urbana. A definição dos benefícios monetários do controle de inundações realizada se refere a uma simulação do “mercado” de controle de enchentes. Em áreas de grande circulação de veículos foram considerados os custos de interrupção ou atraso no tráfego causado pelas inundações. Devido à redução na velocidade média, em geral, triplicam-se os custos normais de operação dos veículos que variam de R\$ 0,26/Km a 0,78/Km. No caso de caminhões de R\$ 1,50/Km para R\$ 3,00/Km. O tempo médio perdido pelos passageiros e motoristas durante interrupções de tráfego causadas pelas inundações corresponde a três horas e estima-se que corresponda a: R\$ 6,00/h/passageiro (veículos particulares) e R\$ 2,00/h/passageiro (ônibus e caminhões). O DAEE também considerou as estimativas dos benefícios totais anuais da ordem de R\$ 17 a 21 milhões para as bacias do Aricanduva, Ribeirão dos Meninos e Pirajussara.	O Poder Executivo local deverá disponibilizar o inventário de ações ao público geral, bem como formular um banco de informações sobre projetos de redução dos impactos das mudanças climáticas passíveis de implementação para estimular a indústria (com Mecanismos de Desenvolvimento Limpo), setor imobiliário, de saúde, turístico, ferroviário, comércio e serviços públicos e privados (com REDD - Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação) .
				O INPE e IPT realizaram levantamentos sobre áreas de risco a deslizamentos na RMSP para a implantação do SISMA DEN (sistema de alertas de risco de deslizamentos na RMSP).	Implantar um sistema de alerta integrado com monitoramento das áreas de risco (e orientação/participação das populações envolvidas). Implantar uma rede de monitoramento climático na RMSP incorporando informações históricas sobre os acidentes ocorridos (series históricas) bem como novos registros.	O Poder Executivo local deverá publicar um Plano de Ação Integrado para implementação de objetivos comuns (órgãos e setores da sociedade) visando minimizar os impactos das mudanças climáticas, a ser elaborado pelas instituições técnicas responsáveis com a participação da sociedade civil através de discussões em fóruns e plenárias. Proceder à quantificação dos benefícios decorrentes das medidas de adaptação às mudanças climáticas, uma vez que constitui uma alternativa extremamente necessária para a viabilização de ações. As questões relativas aos custos e benefícios decorrentes da redução nos índices de doenças e mortalidade (causadas por inundações, deslizamentos e períodos de seca), impactos positivos na paisagem (em função das melhorias visando equilíbrio das condições climáticas), devem ser identificadas, quantificadas e amplamente divulgadas no orçamento participativo de cada município. A avaliação dos custos e benéficos deverá ser auditada, por órgão ou empresa especializada, que se responsabilizará judicialmente pelos resultados da auditoria. Uma das abordagens que deverão ser adotadas refere-se à quantificação dos danos evitados quanto aos aspectos de bens, propriedades, equipamentos, produção, paralisação do processo produtivo, atrasos nos deslocamentos, sobrecargas dos serviços públicos de saúde e salvamento (hospitais, emergências etc.)	Coibir a construção de edifícios (novas construções) em áreas com declividade acentuada e de preservação permanente através do controle de alvarás e licenças; embargos de obras; bem como incentivos fiscais para aqueles que respeitarem (contrapartida no IPTU). Incentivos ao desenvolvimento e divulgação de pesquisas científicas sobre as causas e consequências do aumento de temperatura na região, bem como em pesquisa tecnológica visando a busca de alternativas para a redução da poluição atmosférica, poluição dos corpos d’água e do solo, elaboração de modelos hidrológicos, ou seja, estudos voltados à adaptação da sociedade às mudanças climáticas.
				Desde 2004, sob a coordenação de Maria de Fátima Andrade (do IAG/USP), membro do IAI (Inter American Institute) for Global Change, foi criada uma rede multinacional de pesquisa com foco na avaliação e estimativa das emissões de poluentes produzidas por megacidades na América Latina denominada “South American Emissions, Megacities and Climate” (SAEMC). A integração desda rede de informações tanto quanto de suas conexões com outras áreas de pesquisa (saúde, agricultura, avaliação de riscos e vulnerabilidades etc.) e órgãos envolvidos (setor de energia, meio ambiente, abastecimento de água etc.) vem sendo promovida através de simpósios, workshops e o intercâmbio de alunos e pesquisadores.	Investir esforços para gerar uma base de dados funcional e consolidada sobre a química da atmosfera com o registro das alterações climáticas, visando a elaboração de um inventário de emissões que permitirá avaliar a qualidade do ar e as características do clima regional no passado, presente e futuro com vista a auxiliar o processo de tomada de decisão. Desenvolver estudos sobre “ilhas de calor urbano”, com auxílio de universidades e instituições envolvidas para fins de planejamento urbano e regional, considerando a eficiência climática da região em diferentes períodos do ano. Detalhar procedimentos médicos necessários para épocas de seca e redução da umidade relativa do ar. Planejamento bioclimático com estabelecimento de práticas de eficiência energética.		

ANEXO 2 - SÍNTESE DAS PROPOSTAS PARA ANÁLISE DE RISCO, VULNERABILIDADE E ADAPTAÇÃO

Evento	Risco	Áreas Afetadas	Impacto
PRECIPITAÇÃO INTENSA	Enchentes e Alagamentos	INDÚSTRIA/TRABALHO	Danos em bens e imóveis e prejuízos no setor de produção e comércio.
		COMÉRCIO E SERVIÇOS/TRABALHO	
		HABITAÇÃO/MORADIA	
		SISTEMA VIÁRIO/TRANSPORTE	Danos causados ao sistema viário (lentidão ou paralização do trânsito, principalmente no entrocamento das rodovias, marginais e vias principais.
		SANEAMENTO, ABASTECIMENTO ÁGUA (segurança hídrica), ENERGIA, INFRAESTRUTURA URBANA	Danos causados ao sistema de esgoto (tratamento e coleta), contaminação das águas e assoreamento, paralização do sistema de abastecimento de água, energia, danos em obras de infraestrutura.
		SAÚDE E SERVIÇOS PÚBLICOS	Mortes causadas por acidentes e afogamentos.
			Doenças causadas por contaminação e traumas diversos.
	Deslizamentos / Desmoronamentos	INDÚSTRIA/TRABALHO	Mortes causadas por acidentes, soterramentos e asfixia. Danos em bens e imóveis e prejuízos no setor de produção e comércio.
		COMÉRCIO E SERVIÇOS/TRABALHO	
		HABITAÇÃO/MORADIA	
		SISTEMA VIÁRIO/TRANSPORTE	Danos causados ao sistema viário (lentidão ou paralização do trânsito, principalmente no entrocamento das rodovias, marginais e vias principais .
		SANEAMENTO, ABASTECIMENTO ÁGUA (segurança hídrica), ENERGIA, INFRAESTRUTURA URBANA	Danos causados ao sistema de esgoto (tratamento e coleta), contaminação das águas e assoreamento, paralização do sistema de abastecimento de água, energia, danos em obras de infraestrutura.
		SAÚDE E SERVIÇOS PÚBLICOS	Mortes e interrupções no atendimento dos hospitais; doenças causadas por contaminação e traumas diversos.

PAINEL DE ESPECIALISTAS 2009

Setores Vulneráveis	Medidas de Adaptação Integradas		
Indústria	Revisão dos sistemas de drenagem urbana (piscinões; cálculos técnicos para o regime hídrico; controle dos processos de assoreamento das bacias); controle do desmatamento; reflorestamento e recuperação das várzeas; disposição adequada do lixo urbano; controle sobre o uso e ocupação de áreas de planície aluvial através de sistema de outorga (DAEE/Prefeitura).	Educação da população em geral (oficinas, escolas, empresas) com apoio da mídia.	
Comércio e serviços.			
Áreas residenciais (favelas ou não) situadas nos leitos (margens) de rios, em APPs e várzeas.			
Serviços públicos (hospitais, corpo de bombeiro, defesa civil etc.). Todos os setores (indústria, comércio, serviços, habitações), empresas e órgãos públicos responsáveis.			
Serviços públicos (hospitais, corpo de bombeiro, defesa civil etc.). Todos os setores (indústria, comércio, serviços, habitações), empresas e órgãos públicos responsáveis.	Sistema de alerta integrado (defesa civil e órgão e demais órgãos responsáveis).		
Serviços públicos (hospitais, corpo de bombeiro, defesa civil etc.).	Criar um Sistema Emergencial Integrado para a Região (hospitais, defesa civil e corpos de bombeiro).		
Indústria.	Controle da impermeabilização do solo (DAEE/ Prefeitura); reflorestamento; controle do desmatamento e uso e ocupação do solo de áreas com declive acentuado.	Educação da população em geral (oficinas, escolas, empresas) com apoio da mídia.	
Comércio e serviços.			
Áreas residenciais.			
Serviços públicos (hospitais, corpo de bombeiro, defesa civil etc.). Todos os setores (indústria, comércio, serviços, habitações), empresas e órgãos públicos responsáveis.	Sistema de Alerta Integrado (defesa civil e órgão e demais órgãos responsáveis).		
Indústria.	Sistema Emergencial Integrado principalmente para hospitais, defesa civil e corpos de bombeiro.		
Comércio e serviços.			
Áreas residenciais (favelas ou não) situadas nas áreas afetadas.			
Serviços Públicos (hospitais, corpo de bombeiro, defesa civil, etc.) Empresas e órgãos públicos responsáveis			
Serviços públicos (hospitais, corpo de bombeiro, defesa civil etc.).			

ANEXO 2 - SÍNTESE DAS PROPOSTAS PARA ANÁLISE DE RISCO, VULNERABILIDADE E ADAPTAÇÃO

Evento	Risco	Áreas Afetadas	Impacto
AUMENTO DA TEMPERATURA; ONDAS DE CALOR E PERÍODOS DE SECA	Propagação de doenças	SAÚDE E SERVIÇOS PÚBLICOS	Doenças cardiovasculares (com riscos de infartes).
			Desidratação (crianças, idosos).
			Epidemias (malária, febre amarela etc.).
			Doenças infecciosas.
			Gastroenterites com proliferação de cyanobactérias.
	Desconforto térmico Efeito das ilhas de calor acentuado	INDÚSTRIA/TRABALHO	Aumento da demanda por energia (ar condicionado) e água (abastecimento). Sobrecarga no sistema de fornecimento de água e energia.
		COMÉRCIO E SERVIÇOS/TRABALHO	
		HABITAÇÃO/MORADIA	
	Perda de recursos naturais e da biodiversidade (permanente e/ou temporariamente)	ÁREAS DE PROTEÇÃO, PARQUES E FLORESTAS URBANAS	Queimadas (espontâneas ou não).
	Redução da disponibilidade de água nos reservatórios	INDÚSTRIA/TRABALHO	Paralisação do fornecimento de água e energia. Paralisação de sistemas de transporte público e de saúde (falta de água e energia) e energia.
		COMÉRCIO E SERVIÇOS/TRABALHO	
		HABITAÇÃO/MORADIA	
		SANEAMENTO, ABASTECIMENTO ÁGUA (segurança hídrica), ENERGIA, INFRAESTRUTURA URBANA	
		TRANSPORTE PÚBLICO	
		SAÚDE E SERVIÇOS PÚBLICOS	
	Poluição do Ar (exacerbada)	INDÚSTRIA/TRABALHO	Contaminação do ar; efeito estufa.
		COMÉRCIO E SERVIÇOS/TRABALHO	
		HABITAÇÃO/MORADIA	
		TRANSPORTE	
		SAÚDE E SERVIÇOS PÚBLICOS	Mortes por doenças respiratórias e cardiovasculares, acidentes no trânsito.

PAINEL DE ESPECIALISTAS 2009

Setores Vulneráveis

Medidas de Adaptação

Serviços públicos (hospitais, corpo de bombeiro, defesa civil etc.).

Criar um Sistema de Alerta Integrado.
Implantar Sistema Emergencial Integrado (escolas, empresas, hospitais, aeroportos, portos etc.).

Indústria.

Comércio e serviços.

Fontes de energia alternativa (solar, biodiesel etc.).

Áreas residenciais e institucionais.

Construções que facilitem a ventilação, refrigeração e iluminação adequadas; utilização de materiais construtivos com propriedades térmicas apropriadas ao clima com a maximização da ventilação, insolação com recuos apropriados; vegetação (plantios apropriados).

Meios de transporte alternativos; propostas de mobilidade alternativa.

Órgãos responsáveis pelo controle e monitoramento (Cetesb); matas e áreas proteção (Ibama e DPRN).

Planejamento adequado e integrado com formas de controle e fiscalização mais eficientes, principalmente em períodos mais críticos de seca (com monitoramento contínuo).

Serviços públicos (hospitais, corpo de bombeiro, defesa civil etc.). Todos os setores (indústria, comércio, serviços, habitações), empresas e órgãos públicos responsáveis.

Aumentar a capacidade dos reservatórios de água com medidas de planejamento integrado (DAEE, Prefeituras, DPRN, Secretarias de Governo, Fehidro etc.).
Planejamento Emergencial Integrado com especificação de procedimentos em casos de sistemas de alerta.

Serviços públicos (hospitais, corpo de bombeiro, defesa civil etc.). Todos os setores (indústria, comércio, serviços, habitações, transporte público e privado), empresas e órgãos públicos.

Redução efetiva das emissões de gases do efeito estufa e aerossóis; sistemas de alerta sobre a contaminação e umidade relativa do ar; Planejamento Emergencial Integrado (órgãos envolvidos como Cetesb e sistemas de transporte).

Educação da população em geral (oficinas, escolas, empresas) com apoio da mídia.

Referências Bibliográficas

- AB'SABER, A. N. Geomorfologia do Estado de São Paulo. Aspectos Geográficos da Terra Bandeirante. Rio de Janeiro, IBGE, 1954.
- ADGER, W.N., Social vulnerability to climate change and extremes in coastal Vietnam. *World Development* 27, 249-269. 1999.
- ADGER, W.N., Social capital, collective action and adaptation to climate change. *Economic Geography* 79, 387-404. 2003.
- ADGER, W.N., BROWN, K., FAIRBRASS, J., JORDAN, A., PAAVOLA, J., ROSENDO, S., SEYFANG, G. Governance for sustainability: towards a 'thick' analysis of environmental decision-making. *Environment and Planning A* 35, 1095-1110. 2003a.
- ADGER, W.N.; HUO, S.; MACE, M.J.; PAAVOLA, J. Justice in Vulnerability and adaptation to Climate Change. MIT Press, Cambridge. 2005.
- ADGER, Neil; LORENZONI, Irene; O'BRIEN, Karen. Adaptation now. In: ADGER, Neil; LORENZONI, Irene; O'BRIEN, Karen. (eds.) *Adapting to climate change: thresholds, values, governance*. New York: Cambridge, 2009. p.1-22
- ALEXANDER, L. V. et al. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation, *J. Geophys.*
- ALONSO, C.D., MARTINS, M.H.R.B., ROMANO, J., São Paulo aerosol characterization study. *Journal of Air and Waste Management Association* 47 (12), 1297-1300. 1997.
- ALVES; J. E. D. As características dos domicílios brasileiros entre 1960 e 2000. Rio de Janeiro: ENCE. Textos para discussão da Escola Nacional de Ciências Estatísticas Número 10. Stable URL: <http://www.ence.ibge.gov.br/publicacoes/textos_para_discussao/textos/texto_10.pdf> 2004.
- ANCONA, A. L. "Direito ambiental, direito de de quem? Políticas públicas do meio ambiente na metrópole paulista". Tese de doutorado apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAUUSP). São Paulo, 2002.
- AZEVEDO, T. R. de. A frota dos automóveis e o pó que São Paulo respira. Geografia de São Paulo. Representação e crise da metrópole. Org. CARLOS, F.; OLIVEIRA, A.U. de. Ed. Contexto. 2004.
- BAENINGER, R. Interiorização da migração em São Paulo: novas territorialidades e novos desafios teóricos. In: Encontro Nacional de Estudos Populacionais, 14, Caxambu, 2004. Anais, Campinas: Abep, 2004.
- BÓGUS, L. M.M. e PASTERNAK, S. A Cidade dos Anéis. Cadernos de Pesquisa do LAP, no. 28, S.Paulo, FAU/USP. 1998.
- BÓGUS, L. M. M.; PASTERNAK, S. Como Anda São Paulo. Organizadoras Bógus, L. M. M.; Pasternak, S. Letra capital. Observatório das metrópoles. 2009.
- BROWN, K., TOMPKINS, E.L., ADGER, W.N., Making Waves: Integrating Coastal Conservation and Development. Earthscan, London. 2002.
- BURTON, I., KATES, R.W., WHITE, G.F. The Environment as Hazard, second ed. Guilford Press, New York. 1993.

CANO, W. A Interiorização do Desenvolvimento Econômico no Estado de São Paulo (1920-1980). São Paulo: Fundação SEADE, v.1. a v. 3 (Coleção Economia Paulista). 1988.

CARLOS, A. F.A. São Paulo do capital industrial ao capital financeiro. Geografia de São Paulo vol 2. A metrópole do séc. XXI. Org. CARLOS, F.; OLIVEIRA, A.U. de. Ed. Contexto. 2004.

CARVALHO, L.M.V.; JONES C.; SILVA DIAS, M. A. F. Intraseasonal large-scale circulations and mesoscale convective activity in Tropical South America during the TRMM-LBA campaign. Journal of Geophysical Research, v. 29, p. 1-20, Aug. 2002.

CASTELLANO, M.S.; NUNES, L.H. Avaliação espaço temporal das precipitações extremas e seus impactos no meio urbano: um caso brasileiro. Congresso Internacional de Riscos, Coimbra, Portugal, 2009.

CCOYLLO, O. R. Identificação da contribuição das fontes locais e remotas de poluentes na Região Metropolitana de São Paulo . Tese de Doutorado, IAG-USP.2002.

CETESB (Companhia de Tecnologia em Saneamento Ambiental). Inventário Anual de Resíduos Sólidos Domiciliares - relatório síntese. São Paulo: Cetesb, 1999.

CETESB (Companhia de Tecnologia em Saneamento Ambiental). Inventário Anual de Resíduos Sólidos Domiciliares - relatório síntese. São Paulo: Cetesb, 2000.

CETESB. Relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo 2005. São Paulo, CETESB, (Série Relatórios / CETESB). 2006.

CETESB. Relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo 2009. São Paulo, CETESB, 290 p.: il. color. - (Série Relatórios / CETESB, ISSN 0103-4103). 2010.

CHOU. S. C, J. MARENGO, A. LYRA, G. SUEIRO, J. PESQUERO, L. M. ALVES, G. KAY, R. BETTS D. CHAGAS, J. L GOMÊS, J. BUSTAMANTE, P. TAVARES. Downscaling of South America present climatic driven by 4-member HadCM3 runs, submitted to Climatic Dynamics. 2010.

CNT/SEST/SENAT. PESQUISA FERROVIÁRIA CNT - RELATÓRIO ANALÍTICO. 2006.

COELHO-ZANOTTI, M. S. S.; GONÇALVES, F.L.T.; LATORRE, M. do R. D. O. Análise de internações por doenças respiratórias em função das condições meteorotrópicas na cidade de São Paulo. XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, em 28 de novembro de 2006.

COELHO-ZANOTTI, M.S.S.; LUCIO, P.S., SILVA, F.D.S., RAMALHO, W.M. Análise da ocorrência de asma em Brasília a partir da associação entre internações e variáveis meteorológicas. XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, em 30 de novembro de 2006.

COELHO - ZANOTTI M.S.S. Universidade de São Paulo. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas. Departamento de Ciências Atmosféricas. 2007.

COELHO, M. DE S. Z. S. Uma Análise Estatística com vistas a previsibilidade de internações por doenças respiratórias em função de condições meteorotrópicas na cidade de São Paulo. Tese de Doutorado. IAG-USP, São Paulo, SP. Dezembro de 2007.

CONFALONIERI, U. E. C.; CHAME, M.; NAJAR, A.; CHAVES, S A. DE M; KRUG, T; NOBRE, C; MIGUEZ, J. D. G.; CORTESÃO, J; HACON, S. Mudanças Globais

e Desenvolvimento: Importância para a Saúde. Informe Epidemiológico do SUS. 11(3) : 139 - 154. 2002.

CONTI, J.B. Circulação secundária e efeito orográfico na gênese das chuvas na região leste paulista. Série Teses e Monografias, São Paulo, n.18, 82 p. 1979.

CONTI, J.B. e FURLAN, S.A. "Geoecologia. O clima, os solos e a biota". In: ROSS, J. L. S. Geografia do Brasil. São Paulo: Edusp, 1996.

CURRIERO FC, PATZ JA, ROSE JB, LELE S: Analysis of the Association Between Extreme Precipitation and Waterborne Disease Outbreaks in the US, 1948-1994. American Journal of Public Health, 91:1194-1199, 2001.

CUTTER, S.L. Vulnerability to environmental hazards. Progress in Human Geography, vol. 20, n. 4, p. 529-539, 1996.

CUTTER, S. L.; BORUFF, B. J.; LYNN, S. W. SOCIAL SCIENCE QUARTERLY, Volume 84, Number 2, by the Southwestern Social Science Association. 2003.

CRUZ, N. C. E PANDIS, S. N. A study of the ability of pure secondary organic aerosol to act as cloud condensation nuclei. Atmospheric Environment 31, 2205 - 2214. 1997.

DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica - Atlas Pluviométrico do Estado de São Paulo - Período 1941-1970 - 1972 - Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos de São Paulo (SIGRH-SP). 1999. (acesso 2009/2010).

DAEE - Plano de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê, 2009.

DIEESE. Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos, São Paulo. A mulher chefe de domicílio e a inserção feminina no mercado de trabalho. Boletim DIEESE. Salvador: DIEESE. Stable URL: http://www.sei.ba.gov.br/conjuntura/ped/ped_estudos_especiais/pdf/mulher_chefe.pdf>2004/ atualizado em 2007.

DUFEK, A. S., AMBRIZZI, T. Precipitation variability in São Paulo State, Brazil. Theoretical and Applied Climatology, v. 93, p. 167-178, 2007.

EGLER, C. A. G. O Rio de Janeiro e as Mudanças Climáticas Globais: uma visão geoeconômica. Rio: próximos 100 anos - O Aquecimento Global e as Cidades. Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos, 2008. Rio de Janeiro, RJ. 227p.

EPSTEIN P. R. Climate change and human health. New England Journal of Medicine.; 353:1433-1436. October, 2005.

EPA. Environmental Health Needs and Habitability Assessment Joint Taskforce Centers for Disease Control and Prevention & U.S. Environmental Protection Agency September 17, 2005.

EWING, R. Et al; Growing cooler: the evidence on urban development and climate change. Washington: Urban Land Institute, 2008.

FARIA, V. Cinquenta anos de urbanização no Brasil. Revista Novos Estudos CEBRAP, São Paulo, n. 29, p. 98-119. 1991.

FARIAS, W. R. G.; PINTO JR.; O., NACCARATO, K. P.; PINTO, I. R. C. A. Anomalous lightning activity over the Metropolitan Region of São Paulo due to urban effects. Atmospheric Research, in press, 2008.

FORMAN, R.T.T. Land Mosaics, the Ecology of Landscapes and Regions. Cambridge University press, Cambridge, New York.1995.

FRANCISCONI, L. Trabalho e Indústria em São Paulo. Geografia de São Paulo. Representação e Crise da Metrópole. Org. Org. CARLOS, F.; OLIVEIRA, A.U. de. Ed. Contexto. 2004.

FREITAS, E. D. Circulações locais em São Paulo e sua influência sobre a dispersão de poluentes . Tese de Doutorado, IAG-USP, 155pag. 2003.

FREITAS, E. D. ; MARTINS, L. D. ; SILVA DIAS, P. L. ; ANDRADE, M. F. A. Simple photochemical module implemented in RAMS for tropospheric ozone concentration forecast in the Metropolitan Area of São Paulo - Brazil: Coupling and validation.. Atmospheric Environment, Inglaterra, v. 39, n. 34, p. 6352-6361, 2005.

FREITAS, S. R.; LONGO, K. M.; SILVA DIAS, M. F. A.;; CHATFIELD, R.; SILVA DIAS, P. L.; ARTAXO, P.; ANDRADE, M. O.; GRELL, G.; RODRIGUES, L. F.; FAZENDA, A. L.; PANETTA, J; The Coupled Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (CATT-BRAMS). Part 1: Model description and evaluation, In press: ACPD/EGU MS# 2007-0166. 2007.

FREITAS, E.D.; SILVA DIAS, P.L; ROZOFF, C.M; COTTON, W.R. Interactions of an urban heat island and sea-breeze circulations during winter over the metropolitan area of São Paulo, Brazil. Boundary-Layer Meteorology, v.122, p. 43-65, 2007.

FREITAS, E. D.; SILVA DIAS, P. L. Alguns efeitos de áreas urbanas na geração de uma ilha de calor. Revista Brasileira de Meteorologia, 20 (3):355-366, 2005.

FRICH P, ALEXANDER LV, DELLA-MARTA P, GLEASON B, HAYLOCKM, KLEIN TANK AMG, PETERSON T . Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century.Clim Res 19:193-212. 2002.

FUNDAÇÃO SEADE – Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. Sistema de informações dos Municípios Paulistas. <http://www.seade.gov.br/produtos/imp/index.php>. 2008.

FUNDAÇÃO SEADE. Perfil regional desenvolvido pela Assessoria de Gestão Estratégica da Secretaria de Economia e Planejamento, a partir de trabalho sobre a economia regional paulista, elaborado pela Unidade de Assessoria Econômica, com a colaboração dos Escritórios Regionais de Planejamento, da Coordenadoria de Planejamento e Avaliação e do Instituto Geográfico e Cartográfico. 2007. Atualização em abril de 2009.

GIVISIEZ, G. H. N.; OLIVEIRA, E. L. de. Household size and Demographic Dividend in Brazilian Housing Market. XXVI IUSSP International Population Conference. Marrakesh. Marrocos. 2009.

GOUVEIA, N.; FREITAS, C. U. DE; MARTINS, L. C.; MARCÍLIO, I. O. Hospitalizações por causas respiratórias e cardiovasculares associadas à contaminação atmosférica no Município de São Paulo, Brasil.

GROSTEIN, Marta D. Metrópole e Expansão Urbana: a persistência de processos “insustentáveis” São Paulo em Perspectiva, 15(1) 2001.

HADDAD, B. Ranking the adaptive capacity of nations to climate change when socio-political goals are explicit. Global Environmental Change 15, this issue, doi:10.1016/j.gloenvcha.2004.10.002. 2005.

HAINES, A.; PATZ J. A. Health Effects of Climate Change. The Journal of American Medical Association. 2004.

HARDOY, J. E.; MITLIN, D. ; SATTERHWAITE, David (eds.) Environmental problems in an urbanizing world: finding solutions for cities in Africa, Asia and Latin America. London: Earthscan, 2001.

HARVEY, D. A condição pós-moderna. São Paulo: Edições Loyola. 17a Edição. 2008.

HAYLOCK M.R., PETERSON T., ABREU DE SOUSA J. R., ALVES L. M., AMBRIZZI T., BAEZ J., BARBOSA DE BRITO J I, BARROS VR, BERLATO MA, BIDEGAIN M., CORONEL G., CORRADI V, GARCIA V.J., GRIMM A.M., JAILDO DOS ANJOS R., KAROLY D., MARENGO J.A., MARINOMB, MEIRA PR., MIRANDA G. C., MOLION L., MUNCUNIL D.F., NECHET D., ONTANEDA G., QUINTANA J., RAMIREZ E, REBELLO E., RUSTICUCCI M., SANTOS J.L., VARILLAS I. T., VINCENT, L., YUMIKO M. Trends in total and extreme South American rainfall 1960-2000 and links with sea surface temperature. J Climate 19:1490-1512.2006.

HEGERL, G.C., et al. Detection of human influence on a new 1500yr climate reconstruction. J. Clim., 20, 650-666. 2007.

HOGAN, D.J. População e mudanças ambientais globais. In Hogan, Daniel J.; Marandola Jr., Eduardo. (Orgs.). População e Mudança Climática: Dimensões Humanas das Mudanças Ambientais Globais. Campinas: Nepo, 2009, p. 11-24.

HOGAN, D.J.; MARANDOLA JR, E.. Vulnerability to natural hazards in population-environment studies. New York: Population and Environment Research Network (PERN), 2007. [Background paper to the PERN cyberseminar on Population & Vulnerability].

HOGAN, D.J.; TOLMASQUIM, M. (Ed.). Human dimensions of global environmental change: brazilian perspectives. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2001.

HOGAN, Daniel J. Desenvolvimento sustentável na bacia hidrográfica do rio Piracicaba: limites e possibilidades. In: FERREIRA, Leila da C.; VIOLA, Eduardo (Orgs.). Incertezas da Sustentabilidade na Globalização. Campinas: Ed. da Unicamp, 1996. p.161-176.

HOGAN, Daniel J.; OJIMA, Ricardo. Urban sprawl: a challenge for sustainability. In: MARTINE, George; et al. (eds.) The New Global Frontier: urbanization, poverty and environment in the 21st century. London: Earthscan, 2008. p.203-216.

IANNI, A. M. Z.; QUITERIO, L.A.D. Ambiente & Sociedade – Vol. IX nº. 1 jan./jun. 2006.

IBGE, Censo 1970 a 2000. Rio, Fund. IBGE.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - (29 de agosto de 2008). Página visitada em 1 de setembro de 2008.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – Regiões de Influência das Cidades (REGIC) 2007. Rio de Janeiro: 2008.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - Rio de Janeiro. Contagem da População 2007. URL: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/cd/default.asp>> Accessed: 13/08/2009.

IBGE.INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/defaulttab.shtm>

IHDP. Update is published by the Secretariat of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change, United Nations Campus, Hermann-Ehlers-Str. 10, D-53113 Bonn, Germany The IHDP Update magazine features the activities of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change and its research community. 2005.

INSTITUTO PÓLIS (Estudos, Assessoria e Formação em Políticas Setoriais). Plataforma Lixo e Cidadania para São Paulo. São Paulo: Instituto Polis, s.d. (consulta feita à internet em março de 2002 - www.polis.org.br/lixoecidadania/problema.html).

- IPCC - Intergovernmental Panel of Climate Change. Climate change 2001. Synthesis report. Cambridge University Press. 2001.
- IPCC, 2007: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976pp. 2007.
- ISA - INSTITUTO SOCIO AMBIENTAL. Diagnóstico Socioambiental. 2003. http://www.mananciais.org.br/mananciais/slideshow/albums/1161608584/grafBill_001.gif. Acesso em 2011.
- KASPERSON, J.X.; KASPERSON, R.E.; TURNER II, B.L. Regions at risk: comparisons of threatened environments. Tokyo: United Nations University, 1995.
- KAYANO, M. AND ANDREOLI R. Relationships between rainfall anomalies over northeastern Brazil and the El Niño-Southern Oscillation. *Journal of Geophysical Research*.v.111, 2006.
- KOWARICK, L. A espoliação urbana. 2a Edição. Rio de Janeiro: Paz e Terra. 1993.
- LANDSBERG, H.E. The Urban Climate. Academic Press. London, 1981, 275p.
- LIEBMANN B, JONES C, DE CARVALHO L.M.V. Interannual variability of extreme precipitation events in the State of São Paulo, Brazil. *J Climate* 14:208-218.2001.
- LINDSETH, G. The cities for climate protection campaign and the framing of local climate policy. *Local Environment* 9, 325-336. 2004.
- LOMBARDO, M. A. A ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo. São Paulo, Hucitec, 244 p., 1985.
- LOW, N., GLEESON, B., Justice, Society and Nature: An Exploration of Political Ecology. Routledge, London. 1998.
- LPAE/USP – Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental da Faculdade de Medicina da USP. Emissões de Poluentes Atmosféricos por Fontes Móveis e Estimativas dos Efeitos em Saúde em seis Regiões Metropolitanas Brasileiras. Versão 3. Novembro de 2007.
- LUERS, A.L., LOBELL, D.B., SKLAR, L.S., ADDAMS, C.L., MATSON, P.A. A method for quantifying vulnerability, applied to the agricultural system of the Yaqui Valley, Mexico. *Global Environmental Change* 13, 255-267.2003.
- MARANDOLA Jr, Eduardo (Org.). População e mudança climática: dimensões humanas das mudanças ambientais globais. Campinas: Núcleo de Estudos da População - NEPO/Unicamp; Brasília: UNFPA, 2009.
- MARANDOLA JR., E. Vulnerabilidade do lugar vs. vulnerabilidade sociodemográfica: implicações metodológicas de uma velha questão. *Revista Brasileira de Estudos Populacionais*, v.26, n.2, p.161-181, 2009.
- MARENGO, J.; AMBRIZZI, T. Use of regional climate models in impacts assessments and adaptations studies from continental to regional and local scales: The CREAS (Regional Climate Change Scenarios for South America) initiative in South America *Proceedings of 8 ICSHMO*, Foz do Iguaçu, Brazil, April 24-28, 2006, pp 291-296. 2006.
- MARENGO J. A. Integrating across spatial and temporal scales in climate projections: challenges for using RCM projections to develop plausible scenarios for future extreme events in South America for vulnerability and impact studies. In: *Annals of IPCC TGICA expert meeting: integrating analysis of regional climate change and response*, Nadi, Fiji, 20-22 June. 2007.
- MARENGO, J. A. Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade - caracterização do clima atual e definição das alterações

climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, v.1, p.214. 2007.

MARENGO, J.A. e CAMARGO, C. Surface air temperature trends in Southern Brazil for 1960–2002. *International Journal of Climatology*. 28: 893–904. 2008. Royal Meteorological Society. Copyright 2007.

MARENGO, J. A.; JONES, R.; ALVES, L. M.; VALVERDE, M. Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system. *International Journal of Climatology*, v. 29, Issue 15, p. 2241-2255, 2009a.

MARENGO, J.A.; AMBRISI, T.; ROCHA, R.P.; ALVES, L.M.; CUADRA, S.V. VALVERDE, M.C.; FERRAZ, S.E.T.; TORRES, R.R. e SANTOS, D.C. Future Change of Climate in South America in the late XXI century: Intercomparison of scenarios from three regional climate models. *Climate Dynamics*. 2009b.

MARENGO, J.A.; RUSTICUCCI, M.; PENALBA, O.; RENON, M.; An intercomparison of observed and simulate extreme rainfall and temperature events during the last half of twentieth century, part 2: historical trends. *Climate Change*. 2009c.

MARENGO, J. A.; LIEBMANN, A B.; GRIMM, B. A. M.; MISRA, C. V.; SILVA, D. P. L.; DIAS, E. I. F. A.; CAVALCANTI, F. L. M. V.; CARVALHO, G. E. H. BERBERY, H. T.; AMBRIZZI, E. C. S.; VERA, I. A. C.; SAULO, I. J.; NOGUES-PAEGLE, J. E.; ZIPSER, J. A.; SETHK AND ALVES, L. M.. Review Recent developments on the South American monsoon system. *Internacional Journal Climatology*. Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com) 2010.

MARQUES, J. R.; DINIZ, G. B.; PRESTES, S. D. Anomalia na TSM associadas às fortes anomalias na produtividade da soja no Rio Grande do Sul. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia. Florianópolis. C-2047. 2006.

MARTIN, A. E. & BRADLEY, W.H. Mon. Bull. Ministry of Health. Serv. 19, 56.1960.

MARTINE, G. O lugar do espaço na equação população/meio ambiente. *Revista Brasileira de Estudos da População*, v. 24, p. 181-190, 2007.

MARTINS, L. D. ; ANDRADE, M. F. ; FREITAS, E. D. ; PRETO, A. ; GATTI, L. V. ; ALBUQUERQUE, E. L. ; TOMAZ, E. ; GUARDANI, M. L. ; MARTINS, M. H. R. B. JUNIOR, O. M. A. . Emission Factors for Gas-Powered Vehicles Traveling Through Road Tunnels in São Paulo, Brazil. *Environmental Science & Technology*, Estados Unidos, v. 40, n. 21, p. 6722-6729, 2006.

MARTINS, L. D.; ANDRADE, M. F. Ozone Formation Potentials of Volatile Organic Compounds and Ozone Sensitivity to Their Emission in the Megacity of São Paulo, Brazil. *Water, Air and Soil Pollution*, p. 1, 2008.

MARTINS, L.C.; LATORRE M. do R.; SALDIVA P.H.; BRAGA A.L. (2002). Air pollution and emergency room visits due to chronic lower respiratory diseases in the elderly: an ecological time-series study in Sao Paulo, Brazil. *J Occup Environ Med.*; 44(7):622-7. 2002.

MARTINS, L. D. ; VASCONCELLOS, P. C. ; CARVALHO, L. R. F. ; ANDRADE, M. F. Estimated Impact of Biogenic Hydrocarbon Emission on Photochemical Oxidant Formation in São Paulo during two periods of the winters of 1999-2000. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 21, n. 2, p. 190-200, 2006.

MENDELSON, R., MORRISON, W., SCHLESINGER, M.E., ANDRONOVA, N.G. Country-specific market impacts of climate change. *ClimaticChange* 45, 553–569. 2000.

MENDONÇA, F. de A. O Clima e o Planejamento Urbano das Cidades de Porte Médio e Pequeno: Proposições Metodológicas para Estudo e sua Aplicação à Cidade de Londrina/PR. 322f. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia FFLCH/USP, São Paulo, 1995.

MINISTÉRIO DAS CIDADES, Brasília e CEDEPLAR. Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. IUCAM. Instituto Universitário Candido Mendes, Campos dos Goytacazes, RJ. Projeto Projeção da demanda demográfica habitacional, o déficit habitacional e assentamentos subnormais. Brasília. 2007. (Research report. Restrict use).

MINISTÉRIO DAS CIDADES / INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT – Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios. Brasília: Ministério das Cidades; 176 p. Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.

MISRA, V., P. A. Dirmeyer, B. P. Kirtman. 2003: Dynamic Downscaling of Seasonal Simulation over South American. *J. Climate*, 2003, 16, 103-117.

MONTEIRO, C.A.F. Teoria e Clima Urbano: um projeto e seus caminhos. IN: Clima Urbano. MONTEIRO & MENDONÇA, 2003.

MOURÃO, C. E. F.; CHOU, S. C. NUMERICAL STUDY OF THE PRODUCTION OF INTENSE RAINFALL IN THE SERRA DO MAR PAULISTA REGION. In: Meeting of the Americas, 2010, Foz do Iguaçu. anais do Meeting of the Americas, 2010.

NASS, L.O., BANG, G., ERIKSEN, S., VEVATNE, J. Institutional adaptation to climate change: flood responses at the municipal level in Norway. *Global Environmental Change* 15. 2005.

NOBRE, A. D.; CUARTAS L.A., HODNETT, M.; RENNO, C. D.; RODRIGUES, G.; SILVEIRA, A.; WATERLOO, M.; SALESKA, S.. Height Above the Nearest Drainage - a hydrologically relevant new terrain model. *Journal of Hydrology*, v. 404, p. 13-29, 2011. (Prelo).

NOVAKOV, T. E; PENNER, J. E. Large contribution of organic aerosols to cloud condensation. *Nature* 365, 823 - 826. 1993.

NUNES, L. H. Mudanças climáticas, extremos atmosféricos e padrões de risco a desastres hidrometeorológicos. In: HOGAN, Daniel Joseph;

OBREGON, G., MARENGO J, A. Caracterização do clima do Século XX no Brasil: Tendências de chuvas e temperaturas médias e extremas. Relatório 2, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA, SECRETARIA DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS – SBF, DIRETORIA DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – DCBio Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade – Sub-projeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI. Brasília, Fevereiro 2007.

OBSERVATORIO DO CLIMA. Diretrizes para Formulação de Políticas Públicas em Mudanças Climáticas no Brasil. Organização: Mario Monzoni, Coordenação: Rachel Biderman; Orientação Técnica e Política: Fabio Feldmann. Pesquisadoras Responsáveis: Michelle Muhringer Shayer e Luciana Betiol. 2009.

OJIMA, R. Perspectivas para adaptação frente às mudanças ambientais globais no contexto da urbanização brasileira: cenários para os estudos de população. In Hogan, Daniel J.; Marandola Jr., Eduardo. (Orgs.). *População e Mudança Climática: Dimensões Humanas das Mudanças Ambientais Globais*. Campinas: Nepo, 2009, p. 11-24.

OJIMA, R.; MARANDOLA JR., E.; Indicadores e políticas públicas de adaptação às mudanças climáticas: vulnerabilidade, população e urbanização. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, n. 18, p.16-24, 2010.

OJIMA, R. Dimensões da urbanização dispersa e proposta metodológica para estudos comparativos: uma abordagem socioespacial em aglomerações urbanas brasileiras. *Revista Brasileira de Estudos da População*, v. 24, n. 2, p. 277-300, 2007.

OKE, T. R. *Boundary Layer Climates*. Second Edition. Routledge London & New York. 435 pp. 1987.

OLIVEIRA, A. U. São Paulo: dos bairros e subúrbios rurais as bolsas de mercadorias e de futuro. Geografia de São Paulo 2. A metrópole do séc. XXI. Org. CARLOS, F.; OLIVEIRA, A.U. de. Ed. Contexto. 2004.

OMS - Organização Mundial da Saúde. Classificação estatística internacional de doenças e problemas relacionados à saúde, 10a revisão. v. 1. São Paulo: Centro Colaborador da OMS para a Classificação de Doenças em Português; 1995.

PACHECO, C. A. Fragmentação da nação. Campinas : Instituto de Economia/ UNICAMP, 1998.

PELLING, M. Understanding Adaptation. What can social capital offer assessments of Adaptive Capacity? Global Environmental Change. 15 (4). 308-19. 2005.

PEREIRA FILHO, A. J., BARROS, M. T. L.; HALLAK, R.; GANDU, A.W. Enchentes na Região Metropolitana de São Paulo: aspectos de mesoescala e avaliação de impactos. XIII CBMET. Anais. Fortaleza, CE. CDROM.2004.

PINTO, Jr. O.; PINTO, I. On the sensitive of clouds to ground lightning activite to surface air temperature changes at different timescale in São Paulo. Brazil, J. Geographs. Res., In press. 2008.

PMSP - PREFEITURA DO MUNICIPIO DE SÃO PAULO. Atlas Ambiental da Cidade de São Paulo. Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente, 1999. Revisado em 2000.

PMSP- PREFEITURA DO MUNICIPIO DE SÃO PAULO. Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana no Município de São Paulo. Abril, 1999.

PNAD, IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - Rio de Janeiro. Contagem da População 2007. URL: <http://www.sidra.ibge.gov.br/cd/default.asp>>. 2007.

PRETECEILLE, E - "Cidades globais e Segmentação Social" in QUEIROZ RIBEIRO, L.C. e O . Santos Junior. Globalização, fragmentação e reforma urbana: o futuro das cidades brasileiras na crise. Rio de Janeiro, ed. Civilização Brasileira, p.65-92. 1994.

PRODAM (Companhia de Processamento de Dados do Município de São Paulo). Coleta de lixo chega a 12 mil toneladas dia. São Paulo, PRODAM, 2002 (acesso - www.prodam.sp.gov.br).

REILLY, J., SCHIMMELPFENNIG, D. Irreversibility, uncertainty, and learning: portraits of adaptation to long-term climate change. Climatic Change 45, 253-278. 2000.

RENNÓ, C. D. NOBRE A. D., CUARTAS, L; SOARES, J.; HODNETT, M.; TOMASELLA, J.; WATERLOO, M. Hand, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: mapping terra-lrme rainforest environments in Amazonia. Remote Sensing of Environment, v. 112, n. 9, p. 339-358, 2008.

REYDON, B.P. O mercado de terras informal nas áreas de mananciais. FAPESP. 2005.

ROLNIK, R. e SOMEKH, N. Governar as metrópoles: dilemas da recentralização Cadernos Metrópole n. 8, pp. 105-117, 2º sem. 2002.

ROLNIK, R; SOMEKH, N. GOVERNAR AS METRÓPOLES: dilemas da recentralização. REVISTA SÃO PAULO EM PERSPECTIVA, 14(4) 2000.

ROSS, J. L. São Paulo: a cidade e as águas. Geografia de São Paulo 2. A metrópole do séc. XXI. Org. CARLOS, F.; OLIVEIRA, A.U. de. Ed. Contexto. 2004.

SALDIVA, P. H. N. et al., Association between air pollution and mortality due to respiratory diseases in children in São Paulo, Brazil: a preliminary report. Environ. Res., v.65, p.218-25, 1994.

SÁNCHEZ-CCOYLLO O.R, SILVA DIAS P. L., ANDRADE M.F, FREITAS S. R. Determination of O₃-, CO- and PM₁₀-transport in the metropolitan area of São Paulo, Brazil through synoptic-scale analysis of back trajectories, *Meteorology and Atmospheric Physics*, 92, 83-93, 2009.

SANTOS, M. Por uma economia política da cidade. São Paulo: Hucitec. 1994.

SCHNEIDER, A. Understanding Urban Growth in the Contexto of Global Changes. IHDP-UPDATE. 2006.

SEABRA, O. São Paulo: a cidade, os bairros e a periferia. Geografia de São Paulo. Representação e crise da metrópole. Org. CARLOS, F.; OLIVEIRA, A.U. de. Ed. Contexto. 2004.

SECRETARIA DO VERDE E MEIO AMBIENTE DA PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. Relatório 2 - Instrumentos Legais Necessários à Implantação de Parques Lineares. Laboratório de Habitação e Assentamentos Humanos da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Fundação para Pesquisa Ambiental/ FUPAM Coordenação: Nabil Bonduki; João Sette Whitaker Ferreira. 2006.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. Relatório de Qualidade Ambiental do Estado de São Paulo. 2007.

SECRETARIA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/desenvolvimento_urbano/sp_urbanismo/. Acesso 2010.

SECRETARIA DE SANEAMENTO E ENERGIA. Programa Várzeas do Tiete. Governo do Estado de São Paulo. 2009.

SEMPÉRÉ, R.; KAWAMURA, K.. Interhemispheric contribution of a,w dicarboxylic acids and related polar compounds to water soluble organic carbon in the marine aerosols in relation to photochemical oxidation reactions, *Global Biogeochemical Cycles*, 2003.

SILVA, G.C.M. Impactos, vulnerabilidades e opções de adaptação às mudanças do clima para a bacia do Rio Aricanduva. Dissertação de mestrado. FFLCH/USP. 2010.

SMIT, B., PILIFOSOVA, O. Adaptation to Climate Change in the Context of Sustainable Development and Equity. Chapter 18 in *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability— Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 2001.

SMIT B., WANDEL, J. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. Department of Geography, University of Guelph, Guelph, Ont., Canada 2006.

SOUZA, M. A. A. de. Território e Lugar na Metrópole: Revisitando São Paulo. p. 21-50. In: CARLOS, A. F. A.; OLIVEIRA, A. U. de. (orgs.) *Geografias de São Paulo: a metrópole do século XXI*. São Paulo: Contexto, 2004.

SOUZA, E.L. L de. & MACEDO, I.de C. Etanol e Bioeletricidade: A cana-de-açúcar no futuro da matriz energética. UNICA – União da Indústria de Cana-de-açúcar. 2010.

SPIRN, A.W. O Jardim de Granito. 2a ed.Edusp. São Paulo. 1995. 345p.

TEBALDI ET A.L. Going to the extremes; An intercomparison of model-simulated historical and futre changes in extreme events, *Climatic Change*, 79, 185-211. 2006.

TEIXEIRA, M.; SATYAMURTY, P. Dynamical and synoptic characteristics of heavy rainfall episodes in Southern Brazil. *Mon Weather Rev* 135:598-617. 2007.

TEZA, C. T. V.; BAPTISTA, G. M. de M. Identificação do fenômeno ilhas urbanas de calor por meio de dados ASTER on demand 08 – Kinetic Temperature (III): metrópoles brasileiras. SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. Goiânia, 2005. Anais do XII SBSR. p. 3911-3918.

TOMASELLA J.; ROSSATO, L. Balanço Hídrico. Tópicos em Meio Ambiente e Ciências Atmosférica. INPE. São José dos Campos, SP. 2005.

TOMPKINS, E.L., ADGER, W.N. Does adaptive management of natural resources enhance resilience to climate change? *Ecology and Society* 9 (2), 10 [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art10>. 2004.

TORRES, H. DESIGUALDADE AMBIENTAL NA CIDADE DE SÃO PAULO. TESE DE DOUTORAMENTO, IFCH/UNICAMP. 1997.

TORRES, H.G. Fronteira Paulistana. Anais do XIV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, Caxambu: ABEP. 2004.

TRAVASSOS, Luciana. Revelando os rios. Novos paradigmas para a intervenção em fundos de vale urbanos na Cidade de São Paulo. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental da USP (PROCAM/USP). São Paulo: PROCAM, 2010.

TUCCI, C. E. M.; HESPAHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. de M. Gestão da água no Brasil.- Hidrologia – Brasil. Brasília: UNESCO V. , 2001. 156p.

TURNER, B.L.I., KASPERSON, R.E., MATSON, P.A., MCCARTHY, J.J., CORELL, R.W., CHRISTENSEN, L., ECKLEY, N., KASPERSON, J.X., LUERS, A., MARTELLO, M.L., POLSKY, C., PULSIPHER, A., SCHILLER, A. A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences US* 100, 8074-8079. 2003.

UNFPA – UNITED NATIONS POPULATION FUND. State of World Population 2007: Unleashing the potential of urban growth. New York: UNFPA, 2007. UNITED NATIONS, United Nations Expert Group Meeting on Population Distribution, Urbanization, Internal Migration and Development. New York. This publication has been issued without formal editing. Economical and Social Affairs. ESA/P/WP.206 Copyright United Nations. Printed in the United Nations, New York. 2008.

VIANNA TEZA, C.T, MELLO BAPTISTA, G.M. Identificação do fenômeno ilhas urbanas de calor por meio de dados ASTER (III): Metrópoles Brasileiras, Anais... XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, INPE, p. 3911-3918, 2005.

VILLAÇA, F. Espaço intra urbano no Brasil São Paulo, Nobel, Fapesp, Lincoln Institute of Land Police, São Paulo, 2001, 2a Ed.d.

VINCENT L., PETERSON T., BARROS V.R., MARINO M.B., RUSTICUCCI M., MIRANDA G., RAMIREZ E., ALVES L.M., AMBRIZZI T, BAEZ J., BARBOSA DE BRITO J.I., BERLATO M., GRIMM A.M., JAILDO DOS ANJOS R., MARENGO JA, MEIRA C., MOLION L., MUNCUNIL D.F, NECHET D., REBELLO E., ABREU DE SOUSA J., ANUNCIAÇÃO Y.M.T., QUINTANA J., SANTOS J., ONTANEDA G., BAEZ J., CORONEL G., GARCIA V.L., VARILLAS I.T., BIDEGAIN. *Climatic Change*. 98:509-529 529. 2010.

XAVIER, T. M. B. S.; XAVIER, A. F. S.; SILVA DIAS, M. A. F. Evolução da precipitação diária num ambiente urbano: O Caso da Cidade de São Paulo. Rev. Bras. Meteor., 9, 1, 44-53, 1994.

YOUNG, A.F. Aplicação de Índices Relativos de Vegetação e Temperatura para o Estudo das Mudanças do Uso e Ocupação do Solo: Estudo de Caso Curitiba (PR), 1986 a 2002. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas. Campinas-SP. 2005.

ZONNEVELD, I.S. Land Ecology. SPB Academic Publishing, Amsterdam, The Netherlands. 1995.

Fontes de Jornais e Revistas (imprensa):

Revista Veja de 07/02/2010. Chuvas em São Paulo.

Folha de São Paulo de 16/02/2010. Cerca de 140 pessoas morrem por causa das chuvas.

Estado de São Paulo 16/02/2010 – Chuvas extremas na RMSP e no Vale do Paraíba.

Agência Estado, 10/02/2010 – Ondas de calor matam mais de 50 na Baixada Santista em Fevereiro de 2010.

Jornal Tribuna On Line (publicado em 10/02/2010) – Idosos morrem devido a onda de calor na cidade de Santos (SP).

BBC News (11 August, 2003) – Ondas de calor na Europa e Estados Unidos. Serviço Nacional de Meteorologia dos EUA (National Weather Service- USA) alertou a população sobre a intensa onda de calor em 2010.

Nota sobre os autores

CARLOS AFONSO NOBRE

Engenheiro eletrônico pelo ITA, doutor em meteorologia pelo MIT e pós-doutorado na Universidade de Maryland, EUA, é pesquisador titular do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, onde foi chefe do Centro de Ciência do Sistema Terrestre. É atualmente Secretário da Secretaria Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento (SEPED) do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Tem dedicado sua carreira científica à Amazônia e desenvolveu pesquisas pioneiras sobre os impactos climáticos do desmatamento da Amazônia, formulando, em 1991, a hipótese da “savanização” da floresta tropical em resposta aos desmatamentos e ao aquecimento global, hipótese esta que vem sendo estudada em todo o mundo. É membro da Academia Brasileira de Ciências e da Academia de Ciências para Nações em Desenvolvimento (TWAS) e chefe do comitê científico do International Geosphere Biosphere Programme (IGBP). É autor e co-autor de mais de 130 artigos científicos, livros e capítulos de livros.

ANDREA FERRAZ YOUNG

Arquiteta e Urbanista pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas, mestre e doutora pela Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas. Possui especialização em Gestão Ambiental pela Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP. Em 2009 encerrou pesquisa de pós-doutorado junto ao Núcleo de Estudos de População (NEPO/UNICAMP). Atualmente é pesquisadora no programa de Desenvolvimento Tecnológico do CNPq, através da Rede CLIMA e do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas, ligado ao Ministério de Ciências, Tecnologia e Inovação (MCTI).

PAULO HILÁRIO NASCIMENTO SALDIVA

Professor Titular da Disciplina de Patologia Pulmonar do Departamento de Patologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Atualmente coordena os projetos: Avaliação da Toxidade da Poluição por Material Particulado Gerado por Diferentes Fontes Emissoras: Proposição de Estudos Clínicos e Experimentais (CNPq - Edital 18); Instituto Nacional de Análise Integrada do Risco Ambiental - INAIRA (CNPq - Edital 15); Plataforma de Imagem em Sala de Autópsia (FAPESP).

JOSÉ ANTÔNIO MARENGO ORSINI

Pesquisador Titular III e atual chefe do Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST) do INPE. Formado em Meteorologia com mestrado em Hidrologia na Universidad Nacional Agraria La Molina em Lima, Peru, e PhD em Meteorologia pela Universidade de Wisconsin - EUA. Realizou pós-doutorados em vários centros dos EUA. Suas áreas de interesse constituem previsão climática, incluindo modelagem, previsão sazonal do clima e estudos de mudanças climáticas, com ênfase em modelagem, impactos e análises da vulnerabilidade. Autor de mais de 200 publicações entre artigos científicos, livros e capítulos de livros. Professor da pós-graduação em Meteorologia em Ciência do Sistema Terrestre do INPE. Membro de vários painéis nacionais e internacionais, como o IPCC e o PBMC. Lidera projetos nacionais e internacionais nas áreas de mudanças climáticas.

ANTÔNIO DONATO NOBRE

Engenheiro Agrônomo pela ESALQ (USP) 1982, mestre em Ecologia Tropical pelo INPA/UA 1989 e PhD em Ciências da Terra pela University of New Hampshire (USA) 1994. Atualmente é Pesquisador Sênior do INPA e Pesquisador Visitante no INPE, no Centro de Ciência do Sistema Terrestre, atuando na área de modelagem de terrenos, sensoriamento remoto, hidrologia e temas afins.

AGOSTINHO TADASHI OGURA

Geólogo formado no Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (USP) em 1981. Atualmente é Pesquisador Sênior na área de Gestão de Riscos e Desastres Naturais do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).

OSÓRIO THOMAZ

Químico, pesquisador especializado em riscos industriais do Laboratório de Riscos Ambientais do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), autor de 56 relatórios de análises de riscos industriais, investigações de acidentes industriais e programas de gestão de riscos industriais. Professor de riscos industriais do Mestrado Profissional da Coordenadoria de Ensino Tecnológico do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).

GUILHERMO OSWALDO OBREGÓN PÁRRAGA

Pesquisador do Centro de Ciência do Sistema Terrestre do INPE. Graduado em Meteorologia pela Universidade Nacional Agrária “La Molina”, Lima-Peru, mestrado e doutorado pelo INPE. Sua área de interesse inclui pesquisas relacionadas às mudanças climáticas e

variabilidade do sistema climático atmosfera/oceano nas diversas escalas espaço/temporais, bem como interação biosfera/atmosfera e validação de modelos climáticos, baseados principalmente em dados observacionais.

GUSTAVO COSTA MOREIRA DA SILVA

Graduado em Geografia pela Universidade de Taubaté (UNITAU) em 2006. Mestre em Geografia Física pela Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (FFLCH-USP). Atualmente, é doutorando no Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST-INPE).

RICARDO OJIMA

Professor adjunto na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Sociólogo (IFCH/UNICAMP), doutor em Demografia (IFCH/UNICAMP). Desenvolveu pesquisa de pós-doutoramento junto ao Núcleo de Estudos de População (NEPO) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Suas pesquisas concentram-se nas relações entre população, espaço e ambiente; nas dimensões humanas das mudanças ambientais globais, e na mobilidade espacial da população e urbanização.

MARIA VALVERDE

Doutora em Meteorologia pelo INPE, nas especialidades de Meteorologia, aplicação de Inteligência Artificial em Clima e Tempo e Climatologia Sinótica. Atualmente trabalha no Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST) do INPE, nas áreas de Climatologia Observacional, Variabilidade Climática, Extremos Climáticos e Mudanças Climáticas.

ANDRÉ CARVALHO SILVEIRA

Bacharel em Ciência da Computação, atua em análise espacial aplicada à modelagem ambiental.

GRASIELA DE OLIVEIRA RODRIGUES

Engenheira Ambiental e Mestre em Engenharia da Energia pela Universidade Federal de Itajubá. Atualmente é doutoranda em Ciência do Sistema Terrestre no INPE. É especialista em Geoprocessamento e em Modelagem de Superfície. Possui interesse em planejamento e ordenamento territorial.

