

Trabalho de Graduação

Curso de Graduação em Geografia

Uso e ocupação da terra e vulnerabilidade a alagamento na área central da cidade de São Paulo: O caso da subprefeitura Sé

Fernanda Nicola Zanon

Prof(a).Dr(a). Magda Adelaide Lombardo

Rio Claro (SP)

2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

Fernanda Nicola Zanon

Uso e ocupação da terra e vulnerabilidade a alagamento na
área central da cidade de São Paulo: O caso da
subprefeitura Sé

Trabalho de Graduação apresentado ao
Instituto de Geociências e Ciências
Exatas - Câmpus de Rio Claro, da
Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho, para obtenção do grau de
Bacharel em Geografia.

Rio Claro - SP

2013

910h.3 Zanon, Fernanda Nicola
Z33u Uso e ocupação da terra e vulnerabilidade a alagamento na
 área central da cidade de São Paulo: o caso da subprefeitura
 Sé / Fernanda Nicola Zanon. - Rio Claro, 2014
 51 f. : il., figs., gráfs., tabs., fots., mapas

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Geografia)
- Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e
Ciências Exatas
Orientador: Magda Adelaide Lombardo

1. Geografia urbana. 2. Alagamentos. 3. Urbanização. I.
Título.

Fernanda Nicola Zanon

Uso e ocupação da terra e vulnerabilidade a alagamento na
área central da cidade de São Paulo: O caso da
subprefeitura Sé

Trabalho de Graduação apresentado ao
Instituto de Geociências e Ciências
Exatas - Câmpus de Rio Claro, da
Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho, para obtenção do grau de
Bacharel em Geografia.

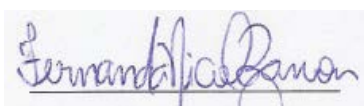
Comissão Examinadora

Magda Adelaide Lombardo (orientador)

Maria Isabel Castreghini de Freitas

Ana Tereza Caceres Cortez

Rio Claro, 24 de janeiro de 2014.



Assinatura do(a) aluno(a)



assinatura do(a) orientador(a)

Dedico este trabalho aos meus queridos pais,
Antônio e Fátima, os grandes amores da minha
vida, que sempre me apoiaram e que tanto me
orgulho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu bom Deus, por me dar sabedoria, oportunidade de viver, paciência e fôlego de vida a cada amanhecer.

À minha família, por todo o apoio, carinho e compreensão, em especial aos meus pais que sempre estiveram ao meu lado, comemorando cada conquista com muito amor e atenção.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” pelo apoio concedido desde o início da minha trajetória na instituição.

À Prof^a. Dr^a. Magda Adelaide Lombardo, pela oportunidade concedida e confiança em meu trabalho. O profissionalismo e rigor com o qual me orientou neste trabalho nunca mais serão esquecidos.

Às amigas que foram construídas ao longo de toda a graduação, especialmente a Jaqueline, Michele, Gabriela, Renato, Scar, Dilon, Gambezinho, Lola, Hanna, Bru, XV, Tatu, Mogli, Jamila, Maia, Amanda, Sofia, Mizu, Fantoche, Bruna, pessoas maravilhosas e muito especiais, que a pesar da distância, sempre permanecerão no meu coração.

Aos funcionários do CEAPLA, Carlo, Cláudio, Juliene, De, Dalton e Vânia, que sempre tiveram paciência e disponibilidade para me ajudar.

Ao Ricardo, por todo apoio, carinho e amor com o qual acompanhou o final da minha graduação e a construção deste trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), por fomentar o desenvolvimento desta pesquisa.

À todos, obrigada.

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”.

(Albert Einstein)

RESUMO

A intensa urbanização da cidade de São Paulo se deu de uma forma rápida e desordenada. Como resultado desse processo, houve o aumento da ocupação de áreas de várzeas, canalização de córregos e impermeabilização do solo, causando diversas alterações no micro clima urbano, entre elas a ocorrência das ilhas de calor, anomalias térmicas e modificações na precipitação. No caso da precipitação, nas últimas décadas, tem-se intensificado a ocorrência de chuvas intensas que provocam alagamentos e enchentes, em especial na região central da cidade. Dessa forma, este trabalho busca apresentar as análises, decorrentes do processo de urbanização, que resultam no alto grau de vulnerabilidade da Subprefeitura Sé, colocando em risco a qualidade de vida dos habitantes. O objetivo geral foi avaliar, através do uso de geotecnologias, o uso e ocupação da terra e a vulnerabilidade a alagamentos das áreas urbanas centrais. Para isso, utilizou-se geotecnologias na análise de uso e ocupação da terra, através de imagens aérea IKONOS e Quickbird e mapeamento das regiões de risco. Eventos extremos climáticos, com mudança nos padrões de precipitação, ondas de calor e estiagem prolongada causam sérios problemas à população, principalmente aquelas mais vulneráveis e carentes. Com o resultado das análises foram gerados mapas temáticos e gráficos, que podem contribuir para propor estratégias para subsidiar políticas públicas.

Palavras - chave: Subprefeitura Sé. Uso e ocupação da terra. Alagamentos. Vulnerabilidade.

ABSTRACT

The intense urbanization of the city of São Paulo took a rapid and disorderly way. As a result of this process, there was an increase of occupancy of flood plains, channeling streams and soil sealing, causing several changes in urban microclimate, including the occurrence of heat islands, thermal anomalies and changes in precipitation. In the case of precipitation, in recent decades, it has intensified the occurrence of heavy rains causing flooding and flooding, especially in the downtown area. Thus, this study aims to present the analyzes, resulting from the urbanization process, resulting in a high degree of vulnerability of Subprefecture Sé, jeopardizing the quality of life for residents. The overall objective was to evaluate, through the use of geotechnology, use and occupation of land and vulnerability to flooding in central urban areas. For this, we used the analysis of use and occupation of land by satellite images of IKONOS and QuickBird and mapping of risk areas. Extreme weather events, with changing patterns of precipitation, heat waves and prolonged drought cause serious problems for the people, especially those most vulnerable and needy. With the results of analyzes were generated thematic maps and graphics, which can contribute to propose strategies to support public policies.

keywords: Subprefecture Sé. Use and occupation of the land. Flooding. Vulnerability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Localização de São Paulo.....	20
Figura 2 – Imagem de Satélite da Subprefeitura Sé.....	21
Figura 3 – Vista aérea da região central de São Paulo.....	21
Figura 4 - Várzea do Carmo – 1862.....	23
Figura 5 - Várzea do Carmo – 1919	23
Figura 6 – Mapa de temperatura aparente de superfície da área de estudo.....	30
Figura 7– Raster de precipitação acumulada.....	31
Figura 8 – Uso e ocupação da terra Subprefeitura Sé (IKONOS 2002).....	33
Figura 9 – Uso e ocupação da terra Subprefeitura Sé (QUICKBIRD 2009).....	34
Figura 10 – Mapa de declividade	37
Figura 11 – Mapa de vulnerabilidade a alagamentos.....	39
Figura 12 – Mapa da localização e frequência dos pontos de alagamento – 2009.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exatidão geral e valores Kappa obtidos para as classificações automáticas supervisionadas, na Subprefeitura Sé – São Paulo.....	32
Tabela 2 – Valores totais com cada tipo de cobertura.....	35

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Total anual de precipitação na Subprefeitura Sé.....	36
Gráfico 2 – Alagamento na Subprefeitura Sé – 2009.....	41

Sumário

1. Introdução.....	11
2. Objetivos	13
2.1 Objetivos Específicos	13
3. Revisão Bibliográfica	14
4. Caracterização da Área de Estudo	20
4.1 Área de Estudo	20
4.2 Contextualização Histórica da Urbanização de São Paulo	22
5. Procedimentos Metodológicos	26
6. Análise dos Resultados – Estudo de caso: Subprefeitura Sé.....	29
7. Considerações Finais	43
Referências Bibliográficas	44

1. Introdução

Nos últimos anos tem sido apresentado evidências de alterações climáticas em áreas urbanas. Entre as diversas consequências estão o aumento da temperatura e as ocorrências de aumento de precipitações intensas. No Brasil, os tipos de desastres mais frequentes estão associados às instabilidades atmosféricas, que são responsáveis pelo desencadeamento de inundações, vendavais, tornados, granizos e escorregamentos. Desastres como esses atingem anualmente milhares de pessoas. Diante deste fato, este trabalho pretende contribuir com análise dos eventos hidrológicos em áreas urbanas.

A expansão urbana ocorre com significativas transformações do território com intervenções desconexas, intensa compactação e impermeabilização do solo, verticalização, supressão da vegetação e canalização de cursos d'água. Considerando o acelerado processo de expansão urbana e o atraso na implantação de infraestrutura adequada ao ritmo de crescimento das cidades, as áreas centrais são as mais impactadas.

Diversos fenômenos de alterações climáticas convergem sobre a área central de São Paulo, de um lado o próprio uso e ocupação do solo, que intensifica o efeito de ilhas de calor, sendo responsável, por exemplo, pela variação de mais de 10° C entre o centro e a periferia; e do outro lado, maiores incidências do fenômeno de chuvas intensas que contribuem em episódios de eventos extremos, causando alagamento, inundação e desmoronamento de encostas e movimento de massa.

Além do aumento da precipitação, outro fator agravante é a drenagem, que 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).

Os desastres relacionados a intensificação da precipitação aumentaram nas últimas décadas no Brasil. Segundo registros do Centro de Gerenciamento de Emergências, levantados pelo jornal O Estado de S. Paulo, em São Paulo, houve recorde de alagamentos em 2009, com 1.422 ocorrências em 111 dias, sendo 124 em oito de dezembro. Os eventos extremos mais alarmantes para a sociedade dizem respeito àqueles relacionados à precipitação intensa (Marengo et al 2009).

O agravamento dos problemas ambientais, motivados pelo processo de urbanização, são particularmente responsáveis pela alteração do clima local, pois

alteram a temperatura, a precipitação, a umidade relativa, o regime dos ventos, a radiação do albedo e a insolação.

A vulnerabilidade é a capacidade de um grupo humano prever e prepara-se para um desastre, isto, porém, depende de uma série de fatores, tais como, a capacidade de prever o desastre, a percepção do risco, e a adoção de medidas eficazes para proteger o grupo social do desastre, que é efêmero e pode ocorrer de modo surpreendente.

Segundo Ribeiro (2010), a vulnerabilidade, aferida à luz desses parâmetros, faz sentido para avaliar o estágio do grupo social sujeito ao risco, como também para organizar políticas de intervenções, que passa a ter uma medida para dimensionar carências e priorizar ações preventivas ao evento que pode gerar uma catástrofe.

Diante desta problematização, este trabalho busca contribuir para uma análise da dinâmica de uso e ocupação da terra na Subprefeitura Sé, região central do município de São Paulo-SP – Brasil, identificando a dinâmica da precipitação e a vulnerabilidade a alagamentos das áreas urbanas centrais, relacionando assim os pontos de alagamentos com a impermeabilidade do solo urbano. Desta forma busca-se contribuir para uma melhora na condição de vida da população e com o planejamento municipal.

2. Objetivos

O objetivo deste trabalho foi, através do uso de geotecnologias, avaliar o uso e ocupação da terra e a vulnerabilidade a alagamentos das áreas urbanas centrais. Para realizá-lo, selecionou-se a área central do município de São Paulo – SP, região denominada Subprefeitura Sé.

2.1 Objetivos Específicos

Para tanto, são objetivos específicos:

- O mapeamento do uso e ocupação da terra na subprefeitura da Sé, na Cidade de São Paulo-SP, através de geotecnologias.
- A análise e interpretação da relação entre os pontos de alagamentos e a impermeabilidade do solo urbano.
- Subsidiar as políticas públicas locais.
- Elaboraões de gráficos.
- Delimitar as áreas de risco.

3. Revisão Bibliográfica

Os riscos derivados das mudanças climáticas, sejam naturais, sejam de origem antropogênica, têm levantado grande preocupação entre os círculos científicos, políticos, na mídia e também na população em geral. Em 1988, a Organização Meteorológica Mundial (OMM) e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma) estabeleceram o Intergovernamental Panel on Climate Change (IPCC). O IPCC ficou encarregado de apoiar com trabalhos científicos as avaliações do clima e os cenários de mudanças climáticas para o futuro.

O Quarto Relatório Científico do IPCC AR4 (Trenberth et al., 2007; Meehl et al., 2007) apresenta evidências de mudanças de clima que podem afetar significativamente o planeta, especialmente nos extremos climáticos, com maior rigor nos países menos desenvolvidos da região tropical.

Em relação às chuvas, observa-se a tendência já detectada em estudos anteriores do IPCC AR4 (Trenberth et al., 2007) um aumento de até 30%/década da chuva na bacia do Prata e em algumas áreas isoladas do Nordeste. No Sudeste e na região Sul do Brasil, assim como na Amazônia, tem sido observado um aumento intenso na precipitação, o que também tem sido observado nos últimos cinquenta anos (Marengo et al., 2007).

Groisman et al. (2005) identificaram tendências positivas de aumentos sistemáticos e de extremos de chuva na região subtropical, no Sul e no Nordeste do Brasil. Os autores consideraram que o Sudeste, desde 1940, tem mostrado aumentos sistemáticos na frequência de chuvas intensas, de até quase 58%/100 anos. Carvalho et al. (2002) consideram que no estado de São Paulo observa-se mais eventos extremos de chuvas durante o El Niño, os quais, nesse Estado, são sensíveis à intensidade da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (Carvalho et al., 2002, 2004).

As projeções de mudança nos regimes e distribuição de chuva, derivadas dos modelos globais do IPCC AR4, para climas mais quentes, no futuro não são conclusivas, e as incertezas ainda são grandes, pois dependem dos modelos e das regiões consideradas.

No Brasil, os tipos de desastres mais frequentes estão associados a eventos hidrológicos extremos. De acordo com o Emergency Events Database (EM-DAT, 2007), referente ao período de 1900-2006, a maioria desses desastres, mais de 80%, está associada às instabilidades atmosféricas severas, que são responsáveis pelo

desencadeamento de inundações, vendavais, tornados, granizos e escorregamentos (MARCELINO, 2008).

Recentemente os estudos demográficos e a análise de vulnerabilidade das populações humanas passaram a incorporar o tema, sendo que para o Brasil podem ser destacados os estudos conduzidos por pesquisadores da UNICAMP, através do seu Núcleo de Estudos da População – NEPO (HOGAN e TOMALSQUIM, 2001; HOGAN, 2007; OJIMA, 2007; OJIMA e HOGAN, 2008; CARMO e YOUNG, 2008; HOGAN e MARANDOLA Jr, 2009, entre outros)

Costa (2009) reconhece o pouco acúmulo nos estudos urbanos e regionais brasileiros sobre as mudanças climáticas, vistas até recentemente como uma preocupação importante, porém distante do cotidiano das demandas sociais, das preocupações institucionais e das lutas políticas em torno das questões urbanas e ambientais. A autora aponta que há todo um campo de estudos urbanos técnicos, que tem no clima, seu foco principal, assim como há estudos sobre saneamento, novas alternativas energéticas, entre outros.

A urbanização no município de São Paulo, especialmente após a década de 1950, começou a se desenvolver muito rapidamente, de forma desordenada, devido à pressão da população e da especulação imobiliária e, em consequência, um grande grau de degradação dos ambientes físico, biótico e social afetou a qualidade de vida da população, bem como as condições atmosféricas e hidrológicas. Superfícies naturais foram sendo substituídas por superfícies impermeáveis urbanas, e como consequência os balanços térmicos e hídricos foram alterados.

São incontestáveis os sinais de mudança do clima na cidade e em sua região metropolitana nos últimos 100 anos. Fortemente condicionadas pela intensa urbanização que ocorreu neste período, estas mudanças causam significativos impactos na vida dos habitantes da metrópole, quer sejam pelos agravos a saúde ou pelo convívio cotidiano com o desconforto térmico, as enchentes e escorregamentos de encostas, em áreas com maior fragilidade geológico-geotécnicas e vulnerabilidade social.

Pereira Filho et al (s.d.) sugerem que em São Paulo as mudanças do clima observadas no último século tenham origem antrópica regional e global. A primeira seria causada pela diminuição de áreas vegetadas, expansão horizontal e vertical da área urbana, aumento da poluição do ar; e, a segunda, menos significativa, devida aos impactos globais dos gases do efeito estufa.

Estas conclusões se baseiam na análise feita por estes autores dos dados obtidos a partir da Estação Meteorológica do IAG/USP, entre os anos de 1936 a 2005, constatando para o período mudanças significativas no ciclo anual das variáveis medidas nesta estação. Segundo os autores, em setenta anos ocorreram aumentos da temperatura do ar em $2,1^{\circ}\text{C}$, da precipitação em 395 mm, do vento zonal (u) em $0,5\text{ m s}^{-1}$. Pode ser observado também o decréscimo do vento meridional (v) em $1,0\text{ m s}^{-1}$ e da umidade relativa em 7%.

Há ainda outros estudos conduzidos por Pereira Filho que demonstram que a maioria dos eventos de enchente na Região Metropolitana de São Paulo está relacionada com as ilhas de calor da área urbanizada (LOMBARDO, 1985) e a circulação de brisa marítima no período chuvoso. As ilhas de calor são anomalias térmicas caracterizadas pela elevação da temperatura em determinadas áreas, quando comparadas com outras. As áreas das cidades se caracterizam por apresentarem temperaturas mais elevadas quando comparadas com as áreas rurais, segundo Lombardo, 1985.

Em um dos estudos, cujas conclusões foram amplamente divulgadas pelo Caderno Cotidiano da Folha de São Paulo datado de 15 de fevereiro de 2004, os pesquisadores demonstram que no período entre 1999 a 2002, 60% das chuvas que ocasionaram enchentes em São Paulo foram causadas por esta combinação, sendo que as chuvas atingiam com maior intensidade as áreas de abrangência da própria ilha de calor, levando a ocorrência de precipitações de menor intensidade nas áreas mais distantes da metrópole, onde se localizam os mananciais de abastecimento.

A chuva é o principal condicionante dos desastres de alagamentos, pois estes são consequências da insuficiência da bacia hidrográfica de dar vazão ao volume de água precipitado. Sendo assim, o coeficiente de escoamento de enchentes (C) de uma bacia representa a quantidade de água de escoamento gerada pela bacia em eventos chuvosos. O coeficiente de escoamento médio anual (C_a) representa a parcela total escoada na bacia com relação à precipitação total anual. Estes coeficientes devem variar à medida que a bacia se urbaniza (TUCCI, 2000).

Ainda segundo Tucci, 2001, a previsão das vazões num determinado local pode ser realizada a curto prazo (tempo real) ou a longo prazo. No primeiro caso o prazo envolve o acompanhamento da enchente quando a precipitação é conhecida ou prevista. Nesse processo é utilizado um modelo matemático que calcula a vazão ou nível no rio com base na precipitação conhecida ou prevista. A previsão da precipitação ainda apresenta grandes erros, mas pode ajudar na determinação da vazão. Essa previsão é

realizada com poucas horas ou dias de antecedência, que depende do tempo que leva a água, depois de precipitada, para escoar pela bacia hidrográfica até a seção do rio, onde se deseja a informação.

Como a previsão meteorológica não permite uma determinação da precipitação e da vazão com muita antecedência, a previsão a longo prazo num determinado lugar é estatística, ou seja, é determinada a probabilidade de que ocorra um nível ou vazão com base em dados históricos registrados anteriormente naquele local.

O aumento da frequência e magnitude das enchentes em áreas urbanas ocorre devido a processos como a ocupação do solo com superfícies impermeáveis e rede de condutos de escoamentos, além destes fatos já conhecidos, é preciso investigar o quanto as alterações climáticas tem influenciado nestas enchentes.

A utilização de técnicas de geoprocessamento constitui-se em instrumento de grande potencial para o estabelecimento de planos integrados de conservação do solo e da água, de acordo com Machado, 2002. Neste contexto, os Sistemas de Informações Geográficas se inserem como uma ferramenta que tem a capacidade de manipular as funções que representam os processos ambientais em diversas regiões, de uma forma simples e eficiente, permitindo uma economia de recursos e tempo. Estas manipulações permitem agregar dados de diferentes fontes e em diferentes escalas. O resultado destas manipulações, geralmente é apresentado sob a forma de mapas temáticos com as informações desejadas (DRUCK et al.,2004).

Desde as décadas de 70 e 80, dados orbitais, fornecidos por satélites, especialmente os das séries Landsat e SPOT, estão disponibilizados. A partir disso, trabalhos têm sido desenvolvidos buscando a caracterização e monitoramento de indicadores de degradação do meio ambiente.

Além destes dados, conforme enfatiza Garcia (1982), as fotografias aéreas são produtos de grande valia para a identificação e mapeamento dos recursos naturais utilizados em estudos de geografia entre outros que se dedicam aos estudos ambientais. Segundo esse autor, as fotografias podem aumentar consideravelmente o rendimento das operações relativas ao planejamento de bacias de drenagem, mapeamento de solos e uso e manejo das terras.

Os Sistemas de Informações Geográficas são sistemas de geoprocessamento que têm se mostrado competentes para combinar diferentes dados temáticos georeferenciados (planos de informação) e gerar novos produtos cartográficos. Estas operações de integração temática podem ser conduzidas através de uma lógica de

sobreposição de dados definida por uma regra empírica de cruzamento ou através do suporte da formulação de modelos matemático-estatísticos (OLIVEIRA e PINTO, 2005).

Para fundamentar o conceito de vulnerabilidade estudou-se diversos trabalhos que tratam deste conceito. Para Marandola (2005, p.30) “localizar e entender o termo vulnerabilidade nas diversas abordagens científicas é um empreendimento que não pode ser realizado sem se considerar, simultaneamente, o conceito de risco. Isso se deve ao fato de a vulnerabilidade aparecer no contexto dos estudos sobre risco em sua dimensão ambiental, num primeiro momento, e só mais tarde no contexto socioeconômico”.

O autor ainda sugere a vulnerabilidade e o risco como foco de pesquisa dos geógrafos, os pioneiros sobre perigo ambiental (*natural hazards*), e comenta o direcionamento das investigações ao risco sócio ambiental e populações em situação de risco, com enfoque em enchentes e deslizamentos de terra.

O IBGE (2002, p. 212), conceitua risco como “um rompimento sério na funcionalidade de uma comunidade ou de uma sociedade que causa perdas humanas, materiais, econômicas ou ambientais e que excedem a habilidade da comunidade ou da sociedade afetada de responder ao evento usando seus próprios recursos”. Sendo assim, não resta dúvidas de que a população da área central do município de São Paulo sofra com o risco de alagamentos anualmente, principalmente no verão.

Segundo Chaves (2008, p.2), sendo a cidade criada pelo homem, apresenta desigualdades, e, enquanto a minoria da população vive em áreas de “boas condições urbanísticas”, a grande maioria vive em “condições urbanísticas precárias e estes últimos tendem a ocupar áreas ambientalmente frágeis, as chamadas áreas de risco, que, paradoxalmente, só poderiam ser urbanizadas sob um rigoroso planejamento”.

Citando Dauphiné apud Veyret (2007, p. 39): “a vulnerabilidade revela a fragilidade de um sistema em seu conjunto e sua capacidade para superar a crise provocada por um acontecimento possível”.

O conceito de vulnerabilidade, nos últimos anos, vem sendo cada vez mais discutido em diversas áreas da ciência, seja nas humanidades, como a geografia e a demografia, seja nas ciências ambientais ou em organismos internacionais, como Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), Organizações das Nações unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), Banco Mundial.

Dentro do objeto de estudo deste trabalho, o conceito vulnerabilidade está atrelado aos eventos de chuva, que geram os alagamentos que ocorrem na metrópole, onde há ocupação de áreas de necessária preservação ambiental, sistemas de drenagem

urbana ineficientes que atinge a população que vive em áreas ambientalmente degradadas ou que sofrem com a impermeabilidade do solo.

4. Caracterização da Área de Estudo

4.1 Área de Estudo

O município de São Paulo localiza-se ao Sudeste do Estado de São Paulo (Figura 1), no Planalto Atlântico, em um compartimento rebaixado. Segundo IBGE 2010, ocupa uma área de 1.521,101 km² e uma população de 11.253.503. A cidade apresenta um relevo acidentada, com colinas que variam entre 650 e 1200m de altitude, e sua proximidade com o oceano Atlântico influencia fortemente o seu padrão de circulação atmosférica.

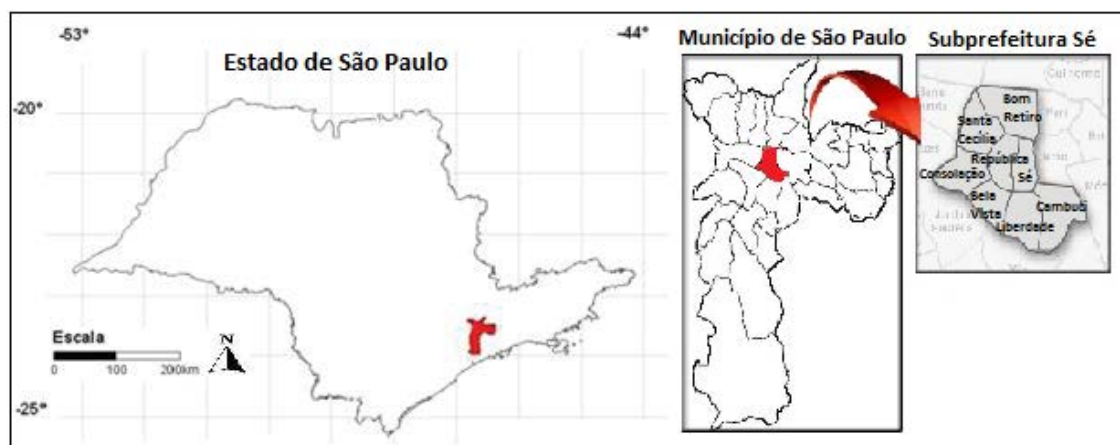


Figura 1 – Localização de São Paulo. Fonte: Zanon, F. N.

Considerando a distribuição das chuvas e as variações de temperatura ao longo do ano, o município pode ser enquadrado no tipo Cwa, conforme a classificação zonal de Köppen, podendo ser associado ao sub-tropical, com inverno seco e verão chuvoso. A média anual da precipitação está em torno de 1376.2 mm, concentrada principalmente no verão, e as temperaturas anuais médias de 20,7°C. São Paulo, o município mais importante da RMSP (Região metropolitana de São Paulo), abriga os locais com as maiores concentrações e circulações de pessoas e veículos de toda a RMSP, resultado de uma dinâmica histórica, geográfica e econômica, que culmina na atual característica do município.

A subprefeitura Sé, região selecionada para a pesquisa, é uma organização pública, instituída a partir da Lei 13.399 de 2002, a partir de um processo de descentralização da Prefeitura do Município de São Paulo. Neste mesmo ano foi criada a Secretaria de Coordenação das Subprefeituras (SMSP) e as 31 subprefeituras, da qual

a Sé faz parte, e é responsável pela administração pública dos seguintes distritos: Bom Retiro, Santa Cecília, Consolação, Bela Vista, República, Liberdade, Cambuci e Sé, localizados na região central da cidade de São Paulo (figura 2), em um território de 26,2 km² com uma população residente de aproximadamente 374.000 habitantes.



Figura 2 – Imagem de satélite da Subprefeitura Sé. Fonte: 2013 Google- dados cartográficos. Org.: Zanon, F.N., 2013

A região central foi escolhida como área de estudo porque apresenta características importantes do município, que servem como um reflexo de toda a cidade, como por exemplo, alto índice de especulação imobiliária, falta de áreas verdes, alto grau de impermeabilidade do solo, verticalização, canalização do escoamento pluvial e desordenado adensamento urbano. Além de ter uma relevância econômica que atrai para esta região um número considerável de pessoas todos os dias.



Figura 3 – Vista aérea da região central de São Paulo. Fonte: Prefeitura Municipal de São Paulo, 2011.

4.2 Contextualização Histórica da Urbanização de São Paulo

Pensar a construção histórica da metrópole paulistana é fundamental para se entender a dinâmica do desenvolvimento urbano desta cidade. A principal perspectiva de análise nesta retomada histórica é buscar a relação da expansão urbana com seus rios, de modo a compreender a ocorrência do elevado número de enchentes hoje na área central da cidade, juntamente com outros fatores climatológicos e de uso e ocupação da terra.

A Vila de São Paulo de Piratininga nasceu às margens do Rio Piratininga, mais conhecido como Tamanduateí. O local escolhido para a construção da vila não foi aleatório. Os padres jesuítas que aqui chegaram, em meados do século XVI, aproveitaram o conhecimento indígena da região, que sabiamente já haviam escolhido um ponto plano entre o rio Tamanduateí e o Ribeirão Anhangabaú para construção de suas tribos. Este ponto estratégico permitia a eles acesso a um rio menor para captar água limpa para consumo e do outro lado um rio maior, o Tamanduateí, por onde navegavam até e circulavam por toda a região.

Durante aproximadamente três séculos a existência da Vila de São Paulo se deu principalmente por causa desses dois rios. Nos dias de hoje, entretanto, a maioria da população que circula sobre eles nem notam sua existência. O Rio Tamanduateí, que atualmente beira o Mercado Municipal de São Paulo, no passado tinha suas margens a beira da rua 25 de Março, onde em suas margens havia um porto. Por causa do Porto esta já era uma região de intenso comércio popular.

A expansão do café pelo interior paulista atraiu muito investimento para São Paulo. Em 1867 foi inaugurada a ferrovia São Paulo Railway, a única ferrovia do interior paulista que tinha acesso com o mar. Sua construção utilizou o vale do Tamanduateí como rota, reforçando a posição estratégica da cidade como ponto de encontro de várias outras ferrovias. Este desenvolvimento marcou a entrada do Brasil na modernidade, a velocidade do trem transformou a vida na cidade e alterou de forma marcante sua relação com os rios. As distâncias se encurtaram, e aos poucos, os rios que eram a razão da existência da cidade, tornaram-se um obstáculo para seu crescimento.

São Paulo apresentou um desenvolvimento demográfico muito intenso em um curto período de tempo, no ano de 1900 sua população era de aproximadamente 239.820 habitantes, em 1950 passou para 2.198.096 (dados do IBGE). Quanto maior o contingente populacional de uma cidade maior a necessidade de água,

consequentemente maior a geração de esgoto, que na época não recebia um descarte adequado. No começo do século XVII todo o esgoto era despejado nas várzeas dos rios que cruzavam as periferias da cidade, como por exemplo a Várzea do Carmo, o que causava um grave problema sanitário. Estas áreas se caracterizavam como locais mal cheirosos, repletos de mato e mosquitos. Os argumentos sanitaristas e hidráulicos da época, para resolver este problema e ainda arrecadar fundos para a cidade, sugeriram aterrar, lotear e vender as áreas de várzeas daqueles rios. Ou seja, os fundos de vale tiveram uma serventia completamente mercantilista.



Figura 4 - Várzea do Carmo - 1862



Figura 5 - Várzea do Carmo - 1919

Fonte: Secretaria de Estado de Economia e Planejamento, Instituto Geográfico e Cartográfico - IGC.

Além desta lógica de expansão urbana, outra suposta solução para os problemas de alagamento das áreas de várzea foi retificação dos meandros, aprofundamento dos leitos e canalização dos rios.

Na década de 1920 os dois rios que dividiam a cidade foram transformados em parques, o Parque do Anhangabaú, sobre o riacho com seu nome já canalizado. E o Parque Dom Pedro II, as margens do Rio Tamanduateí. Os dois rios em que a cidade havia sido fundada, não representavam mais limites a sua expansão. Mas a cidade crescia em ritmo acelerado, em pouco tempo a mesma condição se repetiu, estava barrada entre os rios Tiete e Pinheiros, que são típicos rios de planície, característicos pela lentidão, muitos meandros e de uma cheia para outra podem até mudar o seu curso de lugar, na superfície que é a várzea de inundação periódica do rio.

Estas áreas de várzea, ocupadas por água apenas uma época do ano, despertavam grande interesse imobiliário. As inundações castigavam as populações mais pobre que

se submetiam morar nas baixadas, criando um transtorno político que alimentava as discussões sobre a canalização do Rio Tiete.

O engenheiro Francisco Prestes Maia, propôs, na obra intitulada “Estudo de um plano de avenidas para a cidade de São Paulo” (1930), o desenvolvimento da cidade de São Paulo através de um plano de avenidas radial concêntrico, nesta obra ele falava exatamente o que os empreendedores da época queriam ouvir. Moscou, Paris, Lion e Viena são exemplos de cidades com planos de avenidas radial concêntrico, porém uma importante informação destas obras foi sonegada. Antes de se fazer o plano radial concêntrico de avenidas, estas cidades já possuíam um anel ferroviário e antes do anel ferroviário já havia um anel hidroviário. O fato de pular etapas, e ir direto para a construção das avenidas, tem um fator econômico ligado com a venda de automóveis.

No ano de 1938 Prestes Maia foi nomeado prefeito de São Paulo e começou a concretizar as obras de seu plano, que propunha utilizar os fundos de vale, área dos rios e dos córregos para construção dessas novas avenidas. Impróprias para estas construções essas áreas, úmidas e alagadiças, eram os espaços vazios da cidade, o que garantia baixos custos com desapropriações e a valorização do entorno após as obras. As principais avenidas de São Paulo, como as Marginais Pinheiros e Tietê, Avenida do Estado, 9 de Julho e a 23 de Maio estavam propostas no Plano de Avenidas.

Prestes Maia ficou no poder até 1945, neste período ele finalizou a retificação do Tietê, construiu a Av. 9 de Julho e realizou uma série de outras obras viárias com o intuito de abrir espaço para esse que prometia modernizar o país, o automóvel. Nas décadas seguintes, várias outras avenidas fundo de vales foram construídas, a cidade crescia e a cada novo fundo de vale, seu córrego era canalizado e transformado em avenida. O Plano de Avenidas inaugurou uma prática que se estabeleceu como modelo na estruturação da cidade, onde o espaço das águas se transformou no espaço dos carros.

Ao longo do desenvolvimento de São Paulo o homem moldou o rio a seu modo, colocou-o dentro de um cano e o escondendo debaixo da terra sem se preocupar com as consequências futuras. Quando a chuva cai é pra o rio que ela escoar e se não tiver espaço toma o que for necessário. As enchentes que presenciamos hoje é produto do modelo de urbanização escolhida e perpetuada.

A fragilidade institucional do Brasil leva a uma proeminência do privado sobre o público, determinados por atores sociais que fazem suas escolhas pautadas por interesses econômicos. Vimos continuarmos a ver a especulação imobiliária se sobrepor aos interesses urbanísticos; ao invés da construção de linhas de metro constroem-se

estradas priorizando sempre o transporte individual, perpetuando a ultrapassada lógica de abertura de novas estradas.

5. Procedimentos Metodológicos

Para a realização desta pesquisa, levou-se em consideração, na categoria taxonômica do clima, o nível local, onde se analisa as influências das alterações provocadas pelas atividades humanas, que podem intervir para realizar modificações na distribuição da matéria e da energia, e consequentemente, influenciar nos sistemas que estão relacionadas.

A precipitação foi o único elemento climático utilizado, o qual foi analisado a partir de valores médios, por tanto o método empregado foi o analítico ou separativo, que se caracteriza por simplificar a realidade pela redução estática dos dados, que traduzem um único valor das situações climáticas.

As principais fontes de informação dos dados meteorológicos e climáticos são as estações meteorológicas de superfície e a teledetecção, imagens de infravermelho. Para a elaboração e tratamento estatístico dos dados climáticos avaliou-se a qualidade das séries em relação a longitude, na escala taxonômica local trabalha-se com séries de dez anos, e a homogeneidade dos dados.

Os dados de precipitação foram obtidos no BDMEP (Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa), que abriga dados meteorológicos diários em formato digital, referentes a séries históricas da estação meteorológica Mirante de Santana, da rede de estação do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). O período adquirido foi de uma década, de janeiro de 2001 à dezembro de 2010. Os dados foram tabulados no Excel, em seguida calculado o total anual de precipitação, analisado, esboçado em um gráfico e calculado a linha de tendência da década em questão.

Para a execução do gráfico e mapa com pontos de alagamento do ano de 2009 obteve-se os endereços dos pontos de alagamento do site do Centro de Gerenciamento de Emergência (CGE) da cidade de São Paulo no formato digital. Primeira mente todos os endereços dos pontos de alagamentos foram tabelados, posteriormente analisados e representados em um gráfico no programa Microsoft Office Excel 2007. Em seguida agrupou-se os endereços de acordo com a frequência de alagamentos, para então gerar o mapa com as áreas de risco.

Para classificar o uso e ocupação da terra, utilizou-se dois períodos distintos (2002 e 2009) foram utilizadas imagens de satélite IKONOS e QUICKBIRD respectivamente. O geoprocessamento foi obtido através do MultiSpecApplication 3.3, que serviu como base geral para a classificação supervisionada. Com o auxílio das

imagens foi possível a identificação visual dos alvos na área urbana para a confecção dos treinadores e auditores da tal classificação. Para avaliar estatisticamente a exatidão do mapeamento temático utilizou-se a estatística Kappa (Landis & Koch, 1977, Moreira, 2003 *apud* Silva, 2004).

Para estudar a composição das variáveis e medir seus índices obtidos nas imagens de satélite, seguiu-se os índices proposto por Silva, 2004:

(1)

$$PAI = \frac{ELA}{ELA + ELI}$$

(ELA+ELI) onde:

PAI= Proporção de Espaço Livre Arborizado (ELA) por Espaço Livre Impermeabilizado somando-se ainda ao ELA. O ELA é a somatória de todas as áreas de copa de árvores e arbustos detectada na imagem compreendendo o que existe atualmente de cobertura da Subprefeitura imageada. O ELI é a totalidade de espaços não construídos, ou seja, livres, contudo impermeabilizados por concreto, asfalto ou outro material. Na fórmula do PAI usa-se a divisão pela soma de ELA e ELI para que o valor esteja limitado entre 0 e 1, sendo 1 o máximo desempenho de um bairro neste índice.

(2)

$$PAC = \frac{ELA}{ELA + EC}$$

(ELA + EC) onde:

PAC= Proporção de Espaço Livre Arborizado (ELA) por Espaço Construído (EC) somando-se ainda o ELA. O EC é a somatória de todas as coberturas encontradas na imagem de satélite e quantifica o espaço construído, ou seja, o espaço fechado ou não livre. Tais estruturas urbanas não podem ser ocupadas com vegetação. Assim como o PAI o PAC só poderá atingir o valor máximo de 1.

(3)

$$PAV = \frac{ELA}{ELA + ELH}$$

(ELA+ELH) onde:

PAV= Proporção de Espaço Livre Arborizado (ELA) por Espaço Livre Herbáceo (ELH) somando-se ainda a (ELA) e caracterizando o Espaço Livre Vegetado que é a cobertura vegetal. O ELH é o somatório de todos os espaços com grama e outras herbáceas quantificados pela imagem de satélite perfazendo um espaço naturalmente potencial para o plantio de árvores. O máximo de desempenho nesse índice também será expresso pelo valor 1. Quando o índice for próximo de 1 indicará que os espaços de cobertura vegetal já estão tomados por árvores e arbustos não havendo mais espaços livres herbáceos para serem ocupados por árvores.

(4)

IFU= PAI + PAC onde:

IFU= Índice de Floresta Urbana. O IFU pode variar entre valores de 0 a 2 sendo um indicador para a valorização de espaços urbanizados relacionados com os outros constituintes do meio tais como: ruas, calçadas, casas e edifícios. Todos esses elementos urbanos estão presentes para a quantificação do desempenho das árvores em “tratar” a cidade, melhorando as condições ambientais para a vida.

Com a utilização das imagens de satélite IKONOS (2002) e QUICKBIRD (2009) da Subprefeitura Sé, foi possível extrair diversas variáveis para a análises da área de estudo nos dois períodos distintos, por meio de um programa de geoprocessamento. Tendo em vista a diferença de resolução das imagens de satélite IKONOS (1metro) e QUICKBIRD (60 centímetros), algumas dificuldades foram encontradas durante a classificação, mas superadas na compreensão dos resultados obtidos. Por meio dessa classificação temática foi possível quantificar diferentes variáveis como: vegetação, asfalto, telhados entre outros, obtendo se valores totais de cada tipo de cobertura.

Na confecção do Mapa da localização e frequência dos pontos de alagamento foi utilizado o Software ArcGIS 10, onde foram plotados os pontos de alagamento de acordo com o número de ocorrências. As coordenadas dos pontos foram obtidas através do Google Earth. A obtenção dos dados da subprefeitura da Sé, bem como os bairros que fazem parte da mesma, foi feita através do Banco de Dados do Centro de Estudos da Metrópole (CEM).

6. Análise dos Resultados – Estudo de caso: Subprefeitura Sé

Segundo LOMBARDO, as ilhas de calor são anomalias térmicas caracterizadas pela elevação da temperatura em determinadas áreas, quando comparadas com outras. As áreas das cidades se caracterizam por apresentarem temperaturas mais elevadas quando comparadas com as rurais. O uso e a ocupação dos solos urbanos estão entre os principais fatores que causam e intensificam as ilhas de calor. Tanto que as áreas verdes exercem enorme influência no clima local, regional e global. Diversas pesquisas pontuam que a vegetação urbana é essencial para se atenuarem os efeitos causados pela alteração do clima local. (LOMBARDO, 1985; WENG, 2001; MONTEIRO e MENDONÇA, 2003).

A formação da ilha de calor está diretamente relacionada com a cidade construída e a área edificada, que influi de maneira tridimensional na interação que existe entre a estrutura urbana e a atmosfera. As condições climáticas de uma área urbana extensa e de construção densa são totalmente distintas daquelas dos espaços abertos circundantes, podendo haver diferenças de temperatura, de velocidade do vento, de umidade e de pureza do ar. O desenho físico urbano, desde a escala de edifícios até as áreas metropolitanas, pode ter forte repercussão nas condições climáticas locais. (LOMBARDO, 1985).

A imagem abaixo, retirada e adaptada do Atlas Ambiental do Município de São Paulo, do ano de 1999, permite uma análise precisa da formação da ilha de calor e como as temperaturas mais altas se concentram nas áreas centrais da cidade, justamente onde a ação antrópica é mais profunda, como por exemplo: supressão da vegetação, alto grau de impermeabilidade, concentração de frotas de veículos, aumentando a emissão de dióxido de carbono, entre diversos outros aspectos.

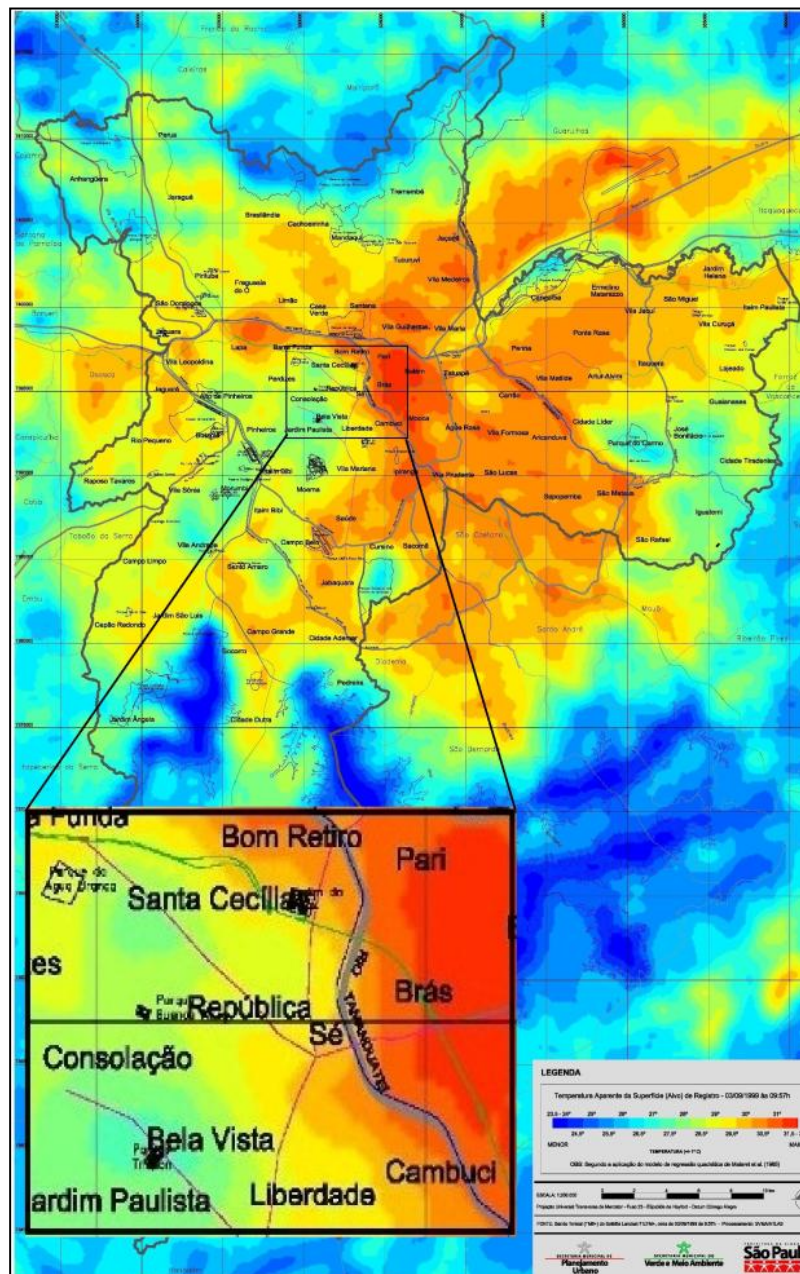


Figura 6- Mapa de temperatura aparente de superfície da área de estudo. Fonte: Atlas Ambiental do Município de São Paulo. (1999). Org.: Zanon, F. N., 2013.

A urbanização implica na impermeabilização de extensas áreas, ocasionando uma quebra no ciclo hidrológico natural. A água precipitada não consegue escoar pelos rios canalizados e retificados, o solo está impermeabilizado e os sistemas de infraestrutura de drenagem urbana são ineficientes, seja por serem escassos ou por falta de manutenção adequada.

É sabido que a urbanização sem planejamento influencia no clima, e que por sua vez gera eventos climáticos extremos, ou seja, a urbanização exerce influência sobre a temperatura, que por sua vez exercerá influência sobre as ocorrências de precipitação. O

mapa abaixo mostra a distribuição espacial da precipitação acumulada em 24 horas, em um evento no dia 25 de maio de 2005 nas bacias hidrográficas do município de São Paulo, evidenciando o acúmulo de precipitação na área central da cidade.

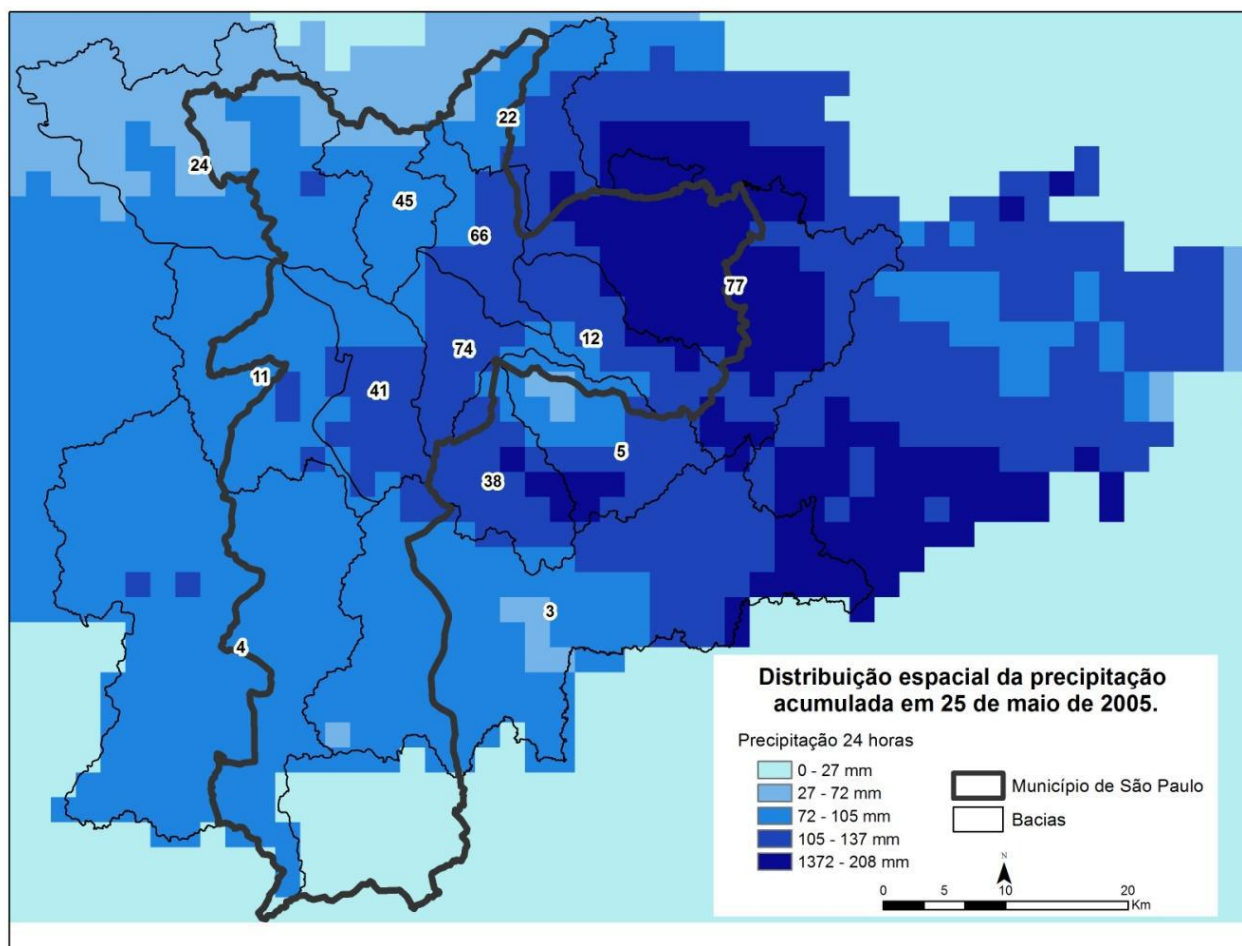


Figura 7 – Raster de precipitação acumulada. Fonte: DAEE, 2012; SAISP 2012; IBGE, 2012. Elaborado por Perez, 2013.

As chuvas são intensificadas pelo fenômeno da ilha de calor na área central, e somado ao alto grau de impermeabilidade do solo na região da Subprefeitura Sé a consequência direta são alagamentos cada vez mais frequentes, seja em meses de verão ou inverno.

Diante dos fatores como temperatura e precipitação do município de São Paulo, para se estabelecer o grau de vulnerabilidade e impacto nas áreas afetadas é importante que se faça uma análise do tipo de uso e ocupação da terra. A partir das imagens de satélite IKONOS (2002) e QUICKBIRD (2009) da Subprefeitura Sé (Figuras 6 e 7), foi possível extrair diversas variáveis para a análise do uso e ocupação da terra da área de

estudo nos dois períodos distintos e posteriormente cruzar com dados de precipitação, por meio dessa classificação temática quantificou-se diferentes variáveis como: copa de árvores, relvado, asfalto, sombra, rio/lago, telhados e solo exposto, obtendo-se valores totais de cada tipo de cobertura.

As estatísticas Kappa e exatidão geral obtidas das matrizes de erro das classificações supervisionadas estão contidas na Tabela 1, as quais comprovam a exatidão do mapeamento como excelente, 80 a 100% (LANDIS & KOCH, 1977).

Tabela 1- Exatidão geral e valores Kappa obtidos para as classificações automáticas supervisionadas, na subprefeitura Sé – São Paulo

Imagem	Exatidão Geral (%)	Kappa (%)
Ikonos 2002	99	97,6
QuickBird 2009	99,7	92,2
+ (100 - percent omission error); also called producer's accuracy.		
* (100 - percent commission error); also called user's accuracy.		

A Estatística Kappa é uma medida de concordância usada em escalas nominais que nos fornece uma ideia do quanto as observações se afastam daquelas esperadas, fruto do acaso, indicando assim o quão legítimas as interpretações são.

As proporções relativas das classes obtidas nas classificações foram organizadas na Tabela 2 de acordo com a imagem e o ano correspondente. Nota-se que houve um conflito na classificação supervisionada com relação à diferenciação dos pixels da variável asfalto versus telha escura; um fator que dificultou a distinção de ambas foi o fato de vários prédios apresentarem uma cobertura com materiais semelhante ao asfalto (cor e composição). Outra variável, a telha cinza, apresentou queda de porcentagem considerada acentuada durante o período, que pode ser justificada pelo alto índice de poluição acumulada na região central de São Paulo, onde está localizada a área de estudo, a tendência das telhas com coloração mais claras, no caso cinza, é escurecer. Esse fato pode ser observado se comparar as variações das porcentagens da variável telha cinza versus telha escura nos distintos anos.

Subpreitura Sé - São Paulo Brasil (IKONOS 2002)

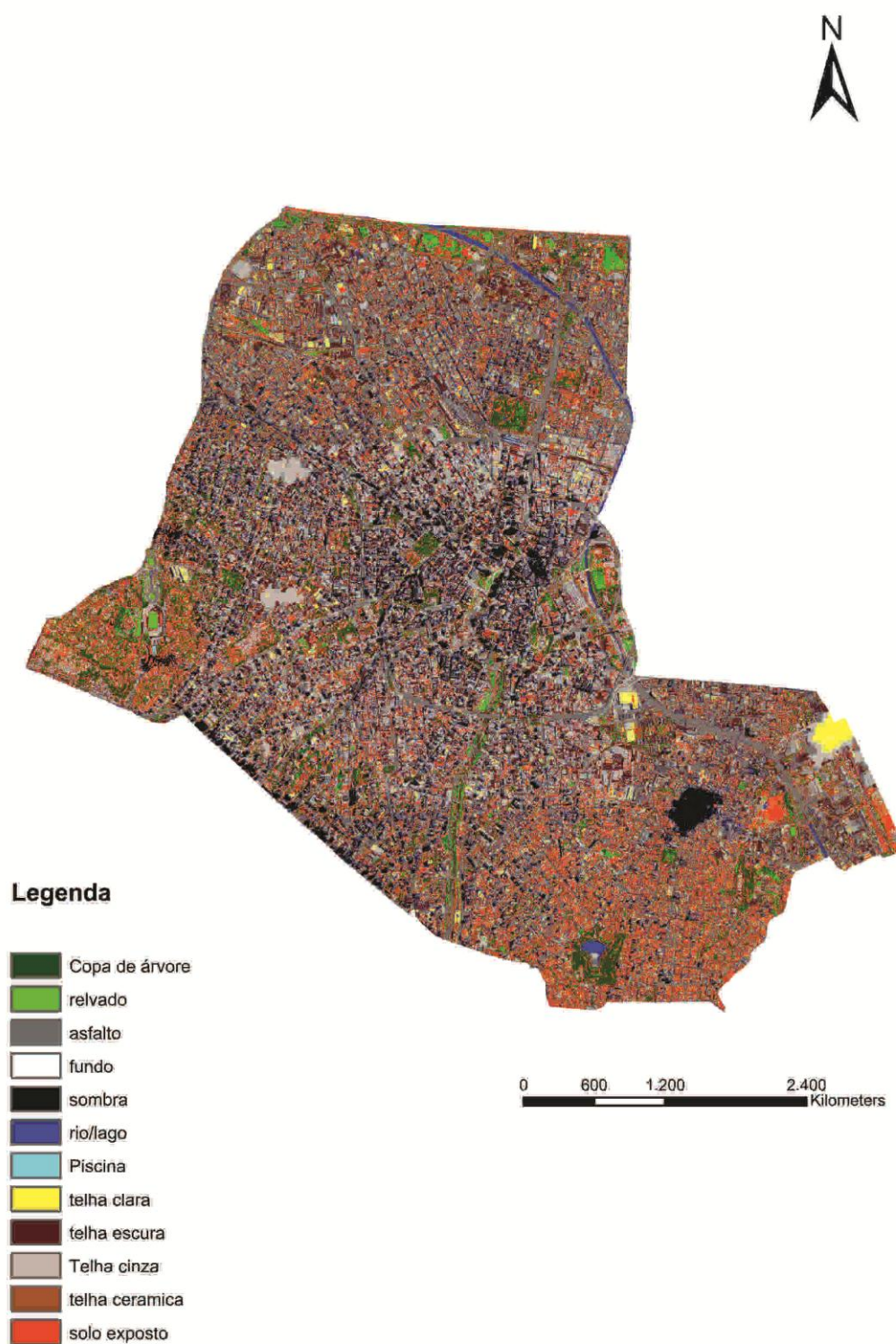


Figura 8 - Uso e ocupação da terra Subprefeitura Sé (IKONOS 2002). Fonte: Zanon, F. N.

Subprefeitura Sé - São Paulo Brasil (QUICKBIRD 2009)

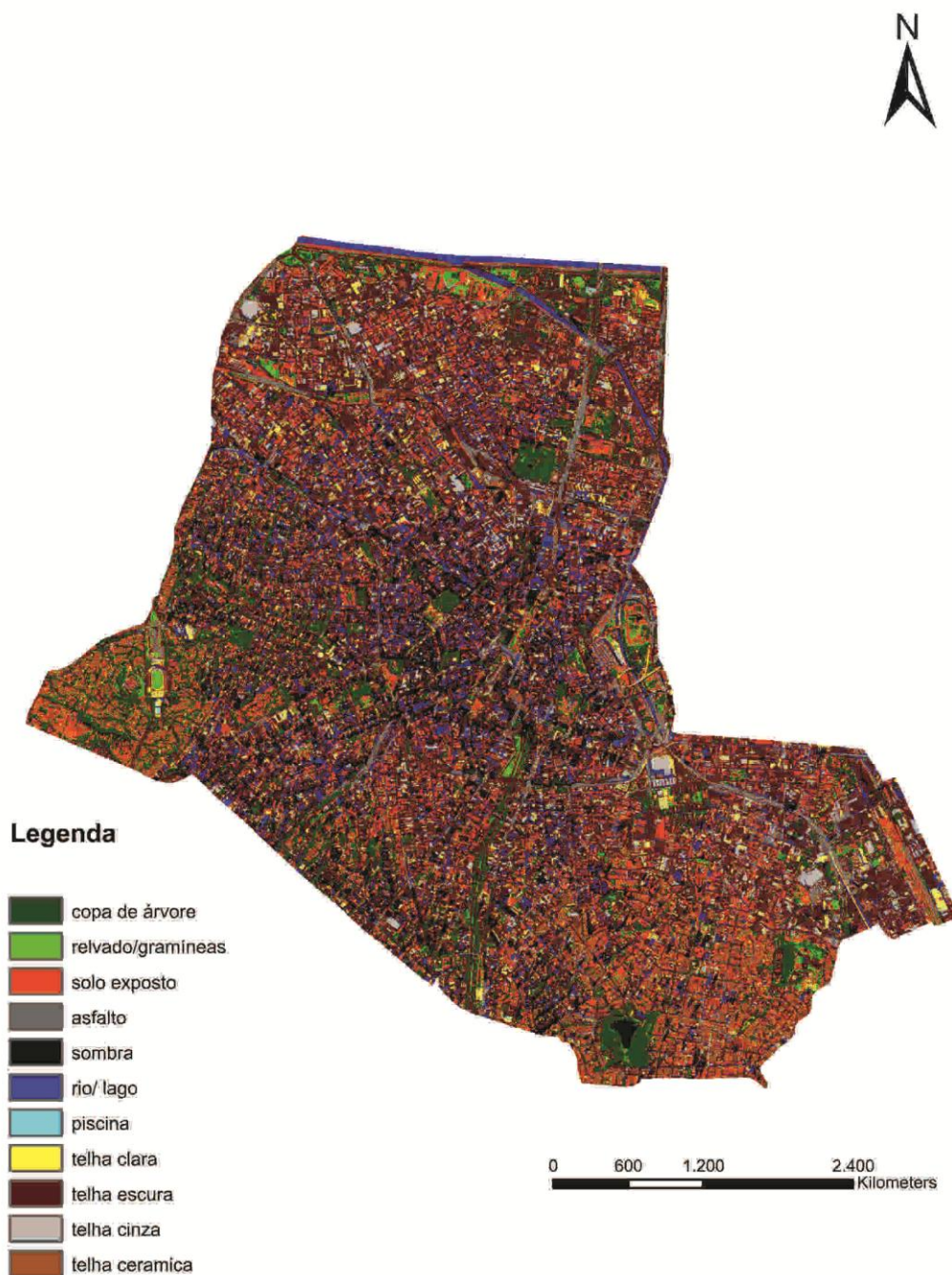


Figura 9 - Uso e ocupação da terra Subprefeitura Sé (QUICKBIRD 2009). Fonte: Zanon, F. N.

Tabela 2- Valores totais com cada tipo de cobertura

Class	Ikonos 2002		Quick Bird 2009	
	Percent	Area (Hectares)	Percent	Area (Hectares)
Copa de árvore	5,42%	144,605	10,70%	285,469
relvado	3,09%	82,442	1,81%	48,222
asfalto	18,82%	502,048	6,04%	161,062
sombra	10,64%	283,766	8,55%	228,067
rio/lago	5,02%	134,005	8,33%	222,272
Piscina	0,23%	6,187	0,13%	3,36
telha clara	2,55%	68,015	4,43%	118,115
telha escura	9,88%	263,573	35,34%	942,737
Telha cinza	24,50%	653,543	4,38%	116,946
telha cerâmica	1,45%	38,552	5,77%	154,027
solo exposto	18,40%	490,75	14,53%	387,61

Dentre os resultados obtidos foi identificado um aumento (5,3 %) no ELA, o que significa que as copas de árvores praticamente dobraram, o que é um ótimo indicativo para a preservação da qualidade de vida no centro urbano; e um aumento de (2%) da densidade demográfica, o que pode ser justificado por não se enquadrar na conformidade com o gradiente de floresta urbana; justificado pelo fato da Subprefeitura Sé ser uma área central com alto adensamento de construção, não dispondo assim de terrenos livres. Se analisarmos o ELV, teve um aumento de (3%).

O PAC demonstrou claramente que não existe equilíbrio entre a quantidade de árvore presente na Subprefeitura Sé e a área construída, sendo (0,1 em 2002) e (0,2 em 2009) tornando o desempenho das árvores insuficientes para a demanda de acumulo de calor de um dia sol. De acordo com Lombardo (1985) em seu estudo sobre a cidade de São Paulo, existe uma estreita relação entre os tipos de uso do solo urbano e a variação de temperatura superficial. As altas temperaturas são verificadas em áreas onde o crescimento vertical é intenso, onde existem altas densidades demográficas e pouca quantidade de vegetação, principalmente em setores industriais e residenciais, como é o caso da área de estudo.

No PAI as porcentagens foram de (0,2 em 2002) e (0,6 em 2010), esse índice é medido de 0 a 1, sendo 1 o máximo de desempenho da área. Sendo assim, esta área apresentou um aumento significativo de áreas impermeáveis (asfalto, concreto entre outros), o que contribuiu para o aumento do escoamento superficial, possibilitando maiores índices de alagamentos e enchentes.

O PAV, é o índice responsável por medir a quantidade de espaços livres para o plantio de novas árvores, este apresentou índice próximo a 1 (máximo de desempenho da área), sendo (0,6 em 2002) e (0,8 em 2009), portanto, concluiu-se que os espaços disponíveis para o plantio de árvores já estão ocupados pelas mesmas.

Por fim, o IFU índice que vai variar de 0 a 2, medindo o grau de importância que a vegetação influi na área construída, apresentou (0,3 em 2002) e (0,8 em 2009), valor considerado baixo nos dois períodos, comprovando mais uma vez que há o desequilíbrio entre áreas verdes versus área construída na Subprefeitura Sé.

Os mapas temáticos de uso e ocupação da terra da Subprefeitura Sé dos anos de 2002 e 2009 demonstram, ao analisar os índices de solo exposto e relvado, que vem ocorrendo um aumento contínuo no índice de impermeabilidade do solo, o que, juntamente com a verticalização, influencia na formação de ilhas de calor na região central do município de São Paulo.

O gráfico abaixo foi gerado a partir dos totais anuais de precipitação da última década, obtidos do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), da estação meteorológica Mirante de Santana. A análise do gráfico nos permite perceber que tem ocorrido um aumento gradual do nível de precipitação nos anos entre os anos de 2001 e 2010. Os anos de 2006 e 2009 foram os anos com maior índice de precipitação da década em questão.

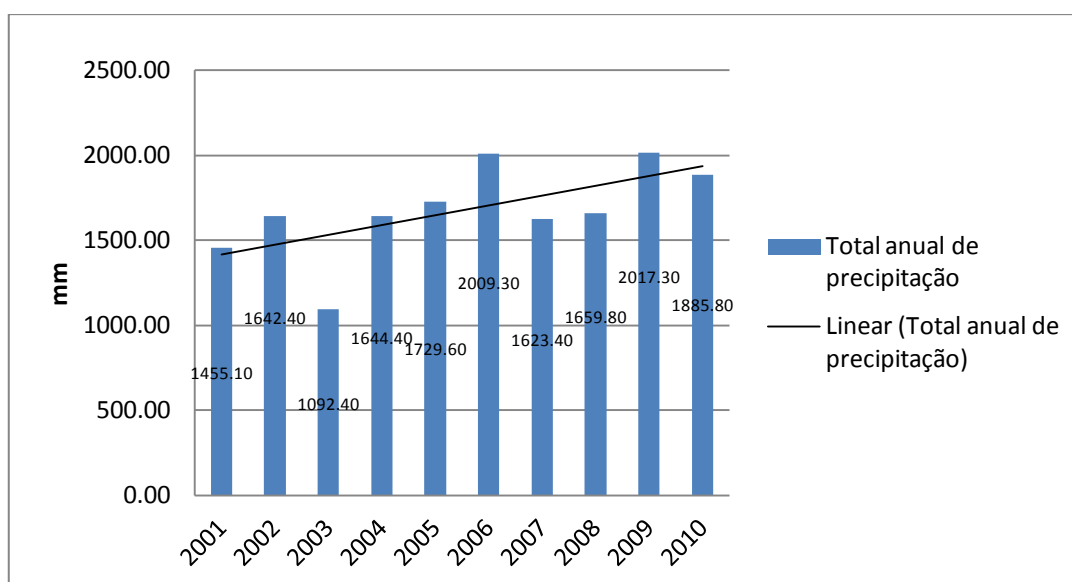


Gráfico 1 – Total anual de precipitação na Subprefeitura Sé. Fonte: estação meteorológica Mirante De Santana. Org.: Zanon, F. N., 2013

Ao relacionarmos os resultados da análise dos mapas temáticos de uso e ocupação da terra nos anos de 2002 e 2009 com o gráfico de precipitação, observamos que no ano de 2002 o total anual de precipitação foi de 1642 mm, enquanto que no ano de 2009 o total foi 2017 mm, um aumento de 375 mm na precipitação anual. Atrelado a esse dado temos o aumento de áreas impermeáveis, ou seja, a falta de planejamento do uso e ocupação da terra. Fatores como esses são responsáveis por desastres urbanos, como enchentes e alagamentos.

A região central, além de contar com a intensificação da impermeabilidade, supressão da vegetação, responsáveis pela ilha de calor e eventos extremos de precipitação possui mais um agravante, a baixa declividade, pois uma grande parte da área central corresponde a áreas de várzea dos rios Tietê, Tamanduateí e Anhangabaú. No mapa de declividade de São Paulo, observa-se que a declividade da área central está entre 0 e 5,9% de declividade, aumentando a vulnerabilidade a alagamentos.

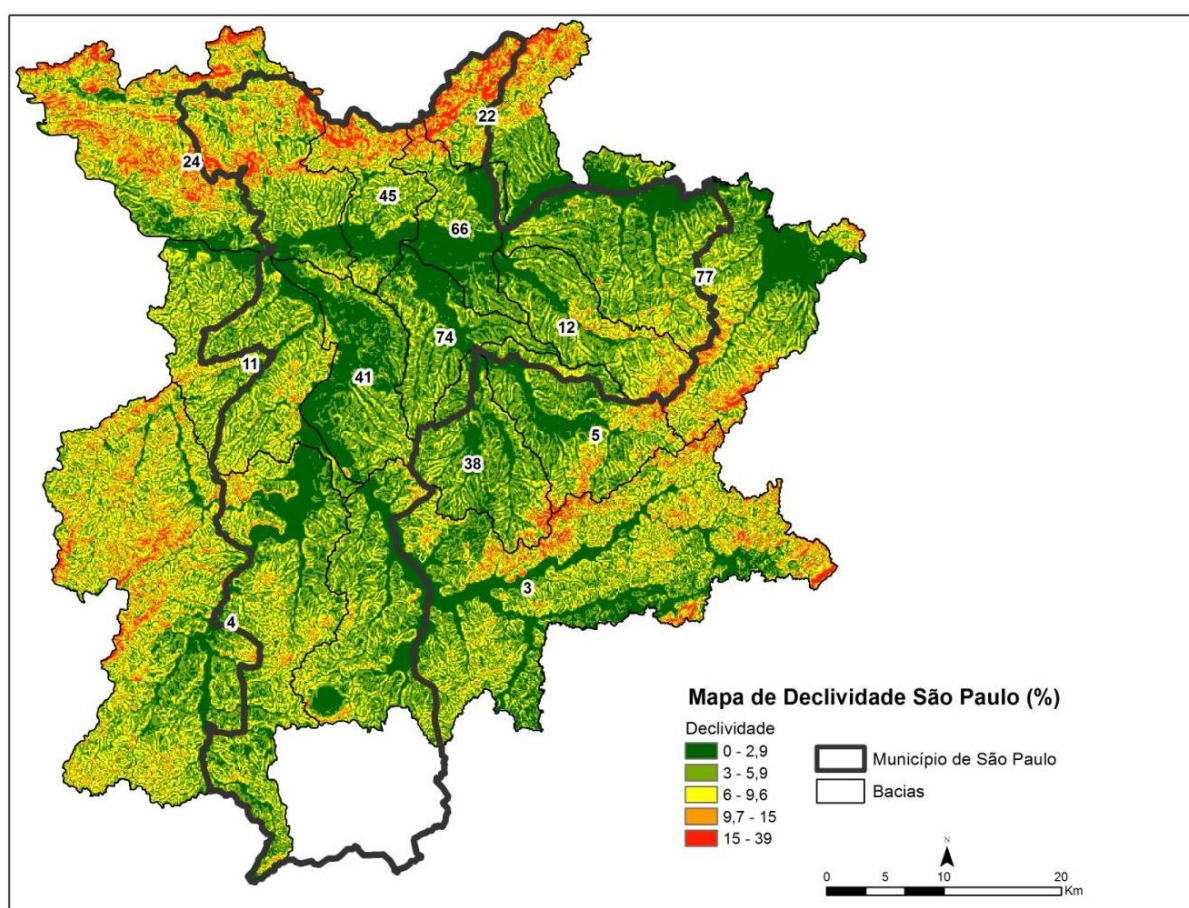


Figura 10 – Mapa de declividade. Fonte: USGS, 2012; IBGE, 2012, DAEE, 2012. Elaborado por Perez, 2013.

Portanto, o comportamento térmico, pluviométrico, uso e ocupação da terra e as características do relevo convergem para um cenário muito vulnerável a alagamentos na região central de São Paulo. O mapa abaixo, sobre a vulnerabilidade a alagamentos do município de São Paulo, elaborado por Perez (2013, p.107), destaca o índice de vulnerabilidade do município. O mapa ainda destaca o perímetro de rodízios de carros em São Paulo.

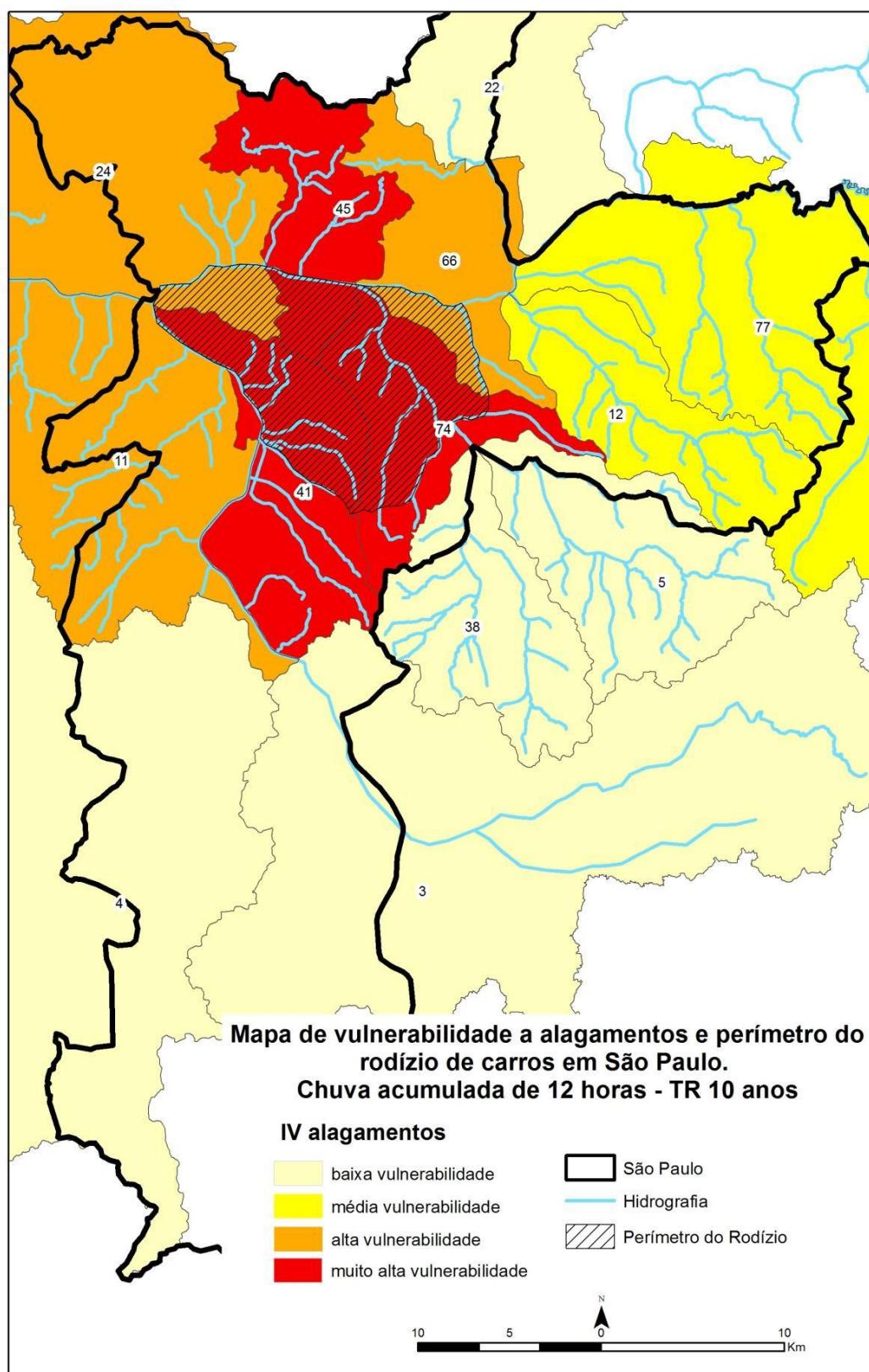


Figura 11 – Mapa de vulnerabilidade a alagamentos. Fonte: Elaborado por Perez, 2013.

A autora ainda destaca que as bacias mais vulneráveis a alagamentos são: Água Espreada, Cabuçu de Baixo, Baixo Cabuço, Tamanduateí Inferior, Contribuição Lateral do Tietê; e as áreas importantes no sistema viário paulistano mais afetado são o Centro, próximo a Avenida do Estado, e o Vale do Anhangabaú, causando danos em todo o sistema de tráfego da cidade. A construção do índice de vulnerabilidade, segundo Perez (2013, p.106), mostra que chuvas de curto período de retorno, tem alta correlação com a ocorrência de alagamentos e deslizamentos de terra em São Paulo.

Diante destes dados, e juntamente com o endereço dos pontos de alagamento, disponibilizados pelo Centro de Gerenciamento de Emergências – CGE, elaborou-se um mapa temático que mostra a frequência e localização dos pontos de alagamento na Subprefeitura Sé no ano de 2009. Na legenda os pontos estão na ordem decrescente em relação a frequência dos alagamentos, com suas respectivas cores, dispostas no mapa. Há também as coordenadas geográficas de cada ponto, sinalizando precisamente o local de cada alagamento.

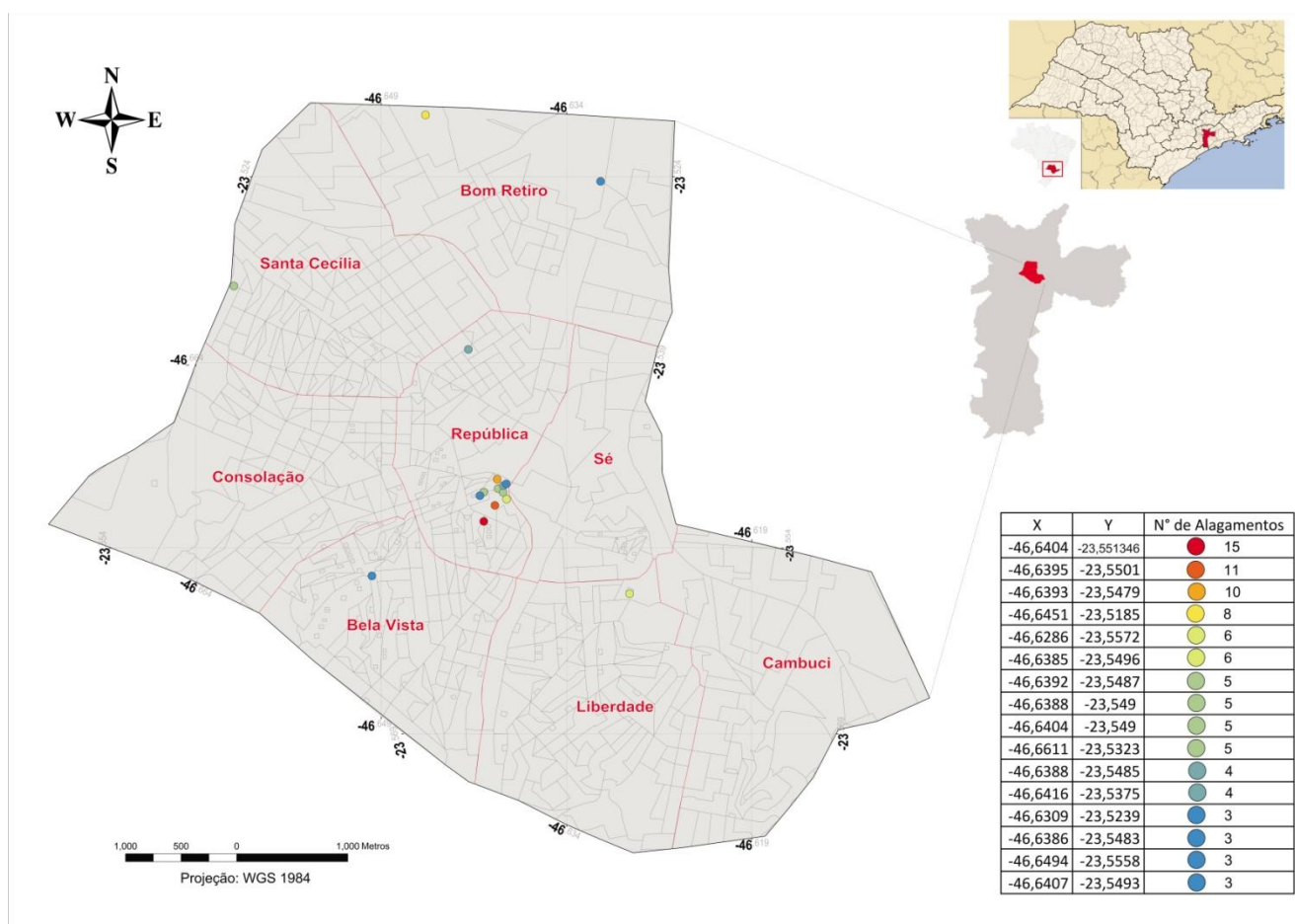


Figura 12 – Mapa da localização e frequência dos pontos de alagamento 2009. Fonte: Zanon, F.N.

Todos os pontos de alagamento do ano de 2009 foram representados no gráfico abaixo, onde percebe-se que até mesmo na estação climática mais seca do ano, meses de junho, julho e agosto, houve ocorrências de alagamento significativas, como no mês de julho. Os meses mais críticos foram dezembro, setembro e fevereiro, totalizando 213 pontos de alagamento no ano.

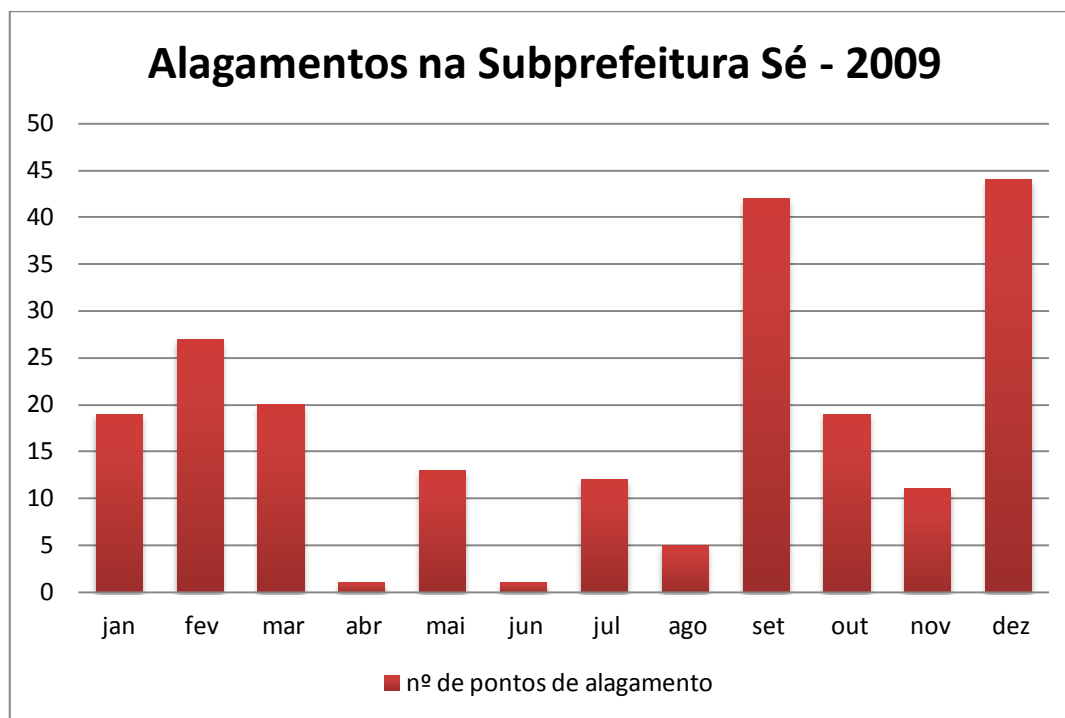


Gráfico 2 - Alagamentos na Subprefeitura Sé – 2009. Fonte: Centro de Gerenciamento de Emergência. Org.: Zanon, F. N.

A adaptação pressupõe medidas 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). Além disso, envolve uma sequência de decisões interconectadas constituídas por agentes da sociedade civil, esfera pública e governos em diferentes níveis (locais, estaduais e nacionais).

Algumas medidas simples podem ser agregadas no plano de desenvolvimento municipal, como: regulamentação do uso da terra, construções a prova de enchentes, sistemas de previsão, alerta de inundações, serviços de defesa civil, desentupimento de bueiros e programas de educação ambiental. A combinação dessas medidas permite reduzir os impactos das cheias e melhorar o planejamento da ocupação das áreas

inundáveis. Elas podem ser eficazes a custos mais reduzidos e com horizontes de atuação mais longos (MMA, 2007).

Outra proposta é quanto ao tipo de pavimentação a ser adotado na cidade, tanto nas vias de acesso como nos estacionamento. Pavimentos permeáveis permitem a infiltração da água no solo, com eficiência pequena quando implementados de forma pontual, porém a somatória pode ser responsável por uma redução significativa do escoamento superficial e contribuir efetivamente com a redução das vazões de enchentes (MMA, 2007).

Uma das medidas compensatórias para a redução das áreas verdes urbanas, que contribui para o aumento da temperatura das cidades, é a construção de telhados verdes. Pesquisas recentes apontam que a adoção desta medida ajuda a reduzir o escoamento superficial, além de contribuir para amenizar a temperatura, o que implica numa melhora da qualidade de vida e visual da população.

7. Considerações Finais

Com a utilização de técnicas de geoprocessamento notou-se, a partir da análise dos mapas temáticos de uso e ocupação da terra da Subprefeitura Sé, a diminuição de área de vegetação e solo exposto, o que resulta na redução de áreas permeáveis. Além disso, a região apresenta uma baixa densidade de vegetação e uma alta densidade de área construída, o que reflete na formação da ilha de calor. Todo o adensamento desordenado da área central, atrelado ao alto grau de impermeabilidade e a intensidade de precipitação, demonstram a tendência do aumento dos pontos de alagamento na região central de São Paulo, ou seja, a região central é considerada uma área de alto grau de vulnerabilidade a alagamentos.

Diante das constatações acima, buscar alternativas para reverter enchentes e pontos de alagamento está intrinsecamente ligado a novas pesquisas sobre estratégias de adaptação desenvolvidas para a região central. Dentro dessa perspectiva, as medidas de adaptação constituem uma oportunidade para repensar as formas de interação das atividades humanas com o ambiente.

É importante ressaltar que uma prática comum na cidade de São Paulo, e em tantas outras do Brasil, é o crescimento do plano urbanístico regido exclusivamente pelo setor imobiliário, sem se preocupar com as condições de clima, solo, relevo e vegetação das áreas a serem loteadas. Quando na verdade deveriam ser regidas por leis ambientais e que priorizem o bem estar geral da população.

Este estudo buscou demonstrar que o clima urbano é reflexo das diferentes formas de uso e ocupação da terra, e tem como principal consequência desastres relacionados a enchentes e alagamentos, colocando em risco a vida da população urbana. O mapeamento das áreas de alagamento pode contribuir para a política pública local. É importante identificar os pontos críticos com relação a drenagem urbana com o objetivo de repensar o planejamento urbano, por meio de práticas de adaptações.

É importante destacar a necessidade de estudos na área central de São Paulo, pois ela reflete o alto grau de impermeabilização do solo e menor índice de vegetação associado ao maior pico de temperatura no contexto da ilha de calor e maior concentração de precipitação. A combinação desses elementos propicia um alto índice de impermeabilização do solo, favorecendo a intensificação de áreas de alagamento e inundação.

Referências Bibliográficas

BANCO DE DADOS DO CENTRO DE ESTUDOS DA METRÓPOLE - CEM
<<http://www.filch.usp.br/centrodametropole/>>.

BANCO DE DADOS METEOROLÓGICO PARA ENSINO E PESQUISA - BDMEP.
Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>. Acesso em 18 mai. 2013.

CARMO, R.L.; Y .F.A.. **Mudanças Ambientais Globais: Novos Riscos e Vulnerabilidades?** IV Encontro Nacional da Anppas. Brasília, junho/2008.

CARVALHO, L. M. V. et al. **Extreme precipitation events in Southeast South America and large-scale convective patterns in the South Atlantic convergence zone.** Journal of Climate, n.15, p.2377-94, 2002.

CENTRO DE GERENCIAMENTO DE EMERGÊNCIA (CGE) da cidade de São Paulo
< <http://www.cgesp.org/v3/index.jsp>>

CHAVES, S. V.V.C.; LOPES, W.G.R. **Riscos, Perigo e Vulnerabilidade em Áreas Urbanas:Uma Discussão Conceitual.** IV Encontro Nacional da ANPPAS, Brasília, junho 2008.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em geografia:** introdução. São Paulo: Hucitec, 1979. 106 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais.** São Paulo: Edgard Blücher, 1999. 236 p.

COSTA, H.S.M. **Mudanças climáticas e cidades: contribuições para uma agenda de pesquisa a partir da periferia.** In: HOGAN, D.; MARANDOLA Jr., E. (orgs.) População e mudanças climáticas. Dimensões humanas das mudanças ambientais globais. Campinas: NEPO/Unicamp; Brasília: UNFPA. 2009.

DAEE. **Relatórios do Plano Diretor de Macrodrenagem do Alto Tietê.** (PDMAT 3), São Paulo, 2012.

DAEE – Departamento de Aguas e Energia Eletrica - Atlas **Pluviométrico do Estado de São Paulo** – Período 1941-1970 – 1972 - Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos de São Paulo (SIGRH-SP). 1999.

DAUPHINÉ, A. **Risques et catastrophes. Observer, spatialiser, comprendre, gérer.** Armand Colin, Coll. U, Paris, 2001.

DRUCK, S.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.V.M. **Análise Espacial de Dados Geográficos.** Brasília: EMBRAPA, 2004.

EM-DAT – Emergency Events Database. The OFDA/CRED International Disaster Database. Disponível em: <<http://www.em-dat.net/>>. Acesso em: 13 abr. 2013.

GARCIA, G. J. **Sensoriamento remoto: Princípios e interpretação de imagens**. São Paulo: Nobel, 1982.

GROISSMAN, P. et al. **Trends in intense precipitation in the climate record**. Journal of Climate, n.18, p.1326-50, 2005.

HOGAN, D.J.; TOLMASQUIM, M.T. (Eds.). **Human Dimensions of Global Environmental Change: Brazilian perspectives**. Rio de Janeiro; Academia Brasileira de Ciências; 2001. 390p.

HOGAN, D. 2007. **Human dimensions of global environmental change**. Ambiente & Sociedade X, n.2, jul.- dez.

INSTITUTO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS – IPMET. Disponível em: <http://www.ipmet.unesp.br/> Acesso em: 18 mai. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. CENSO 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. CENSO 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. CENSO 2011.

INTERGOVERNMENTAL PANEL OF CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate change 2001**. Synthesis report. Cambridge University Press. 2001.

INTERGOVERNMENTAL PANEL OF CLIMATE CHANGE – 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.

JORNAL FOLHA DE SÃO PAULO – Caderno Cotidiano, 15 fevereiro de 2004.

LANDIS, J.R.; KNOCH, G.G. **The measurement of observer agreement for categorical data**. Biometrics, Washington, v.33, n.1 p. 159-174, 1977.

LOMBARDO, M.A. **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Editora Hucitec, 1985.

LOMBARDO, M.A. **Qualidade Ambiental e Planejamento Urbano: Considerações e Métodos**. Tese de Livre Docência da Universidade de São Paulo- São Paulo, 1995.

MACHADO, R.E. **Simulação de escoamento e de produção de sedimentos em uma microbacia hidrográfica utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento**. Tese de Doutorado. Piracicaba, ESALQ, USP, 2002. 152 p.

MARANDOLA, E.; HOGAN, D. **Vulnerabilidades e riscos: entre geografia e demografia**. Revista Brasileira de Estudos Populacionais, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 29-53, jan./jun. 2005.

MARCELINO, E. V. **Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos Básicos**. Caderno Didático nº. 1. INPE-15208-PUD/193. INPE/CRS: Santa Maria, 2008.

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. et al. **Eventos extremos em cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para o Século XXI: Projeções de clima futuro usando três modelos regionais**. Relatório 5, 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 – Subprojeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília, fevereiro 2007.

MEEHL, G. A. et al. Global Climate Projections. In: SOLOMON, S. D. et al. (Ed.) **Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, United Kingdom, New York: Cambridge University Press, 2007.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Vulnerabilidade Ambiental**/Rozely Ferreira dos Santos, organizadora. – Brasília: MMA, 2007.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo, Instituto de Geografia da USP, 1976. Série “Teses e Monografias” nº25.

MONTEIRO, C. A. de F.; Mendonça, F.(Org.). **Clima Urbano**. São Paulo: Editora Contexto, 2003. 192p.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. Viçosa: UFV, 2003. 307 p.

OJIMA, R e HOGAN, D.J. **Crescimento Urbano e Peri-Urbanização: Redistribuição Espacial da População em Novas Fronteiras da Mudança Ambiental**. IV Encontro Nacional da Anppas. Brasília, junho/2008.

OLIVEIRA, A.M.M; PINTO, S.A.F. **Aplicação de geotecnologias e modelo predictivo como subsídio ao planejamento de uso e ocupação do solo em uma microbacia hidrográfica**. In: LOMBARDO, M.A; MENDES. A. A. Paisagens geográficas e desenvolvimento territorial. Rio Claro: Programa de Pós-Graduação em geografia e AGETEO, 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. 2004. CDROM.

PEREZ, L. P. **Índice de vulnerabilidade urbana a alagamentos e deslizamentos de terra, em função de eventos extremos de clima, na Região Metropolitana de São Paulo: uma proposta de método.** USP – São Paulo, 2013.

POLIZEL, J. L. **Geotecnologias e Clima Urbano: Aplicação dos Recursos de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas na cidade de Piracicaba, SP.** Piracicaba, 2009 Dissertação (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

ONGRACZ, R.; BARTHOLY, J.; DEZSO Z. **Remotely sensed thermal information applied to urban climate analysis.** Advances in Space Research, Oxford, v.15, 13 Jun. 2005. In Press. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/asr>.

RIBEIRO, W.C.; Risco e Vulnerabilidade no Brasil. **In Revista Eletrônica de Geografia Y Ciências Sociais.** Vol. XIV, núm. 331 (65). Barcelona, de agosto de 2010.

ROSS, J. L. **Sao Paulo: a cidade e as águas.** Geografia de Sao Paulo 2. A metropole do sec. XXI. Org. CARLOS, F.; OLIVEIRA, A.U. de. Ed. Contexto. 2004.

SAISP – Sistema de Alerta de Inundação de São Paulo. Disponível em <<http://www.saisp.br/estaticos/sitenovo/home.xml>> acesso em outubro de 2012.

SILVA FILHO, D.F.; PIVETTA, K.F.L.; COUTO, H.T.Z.; POLIZEL, J.L. **Indicadores de floresta urbana a partir de imagens aéreas multiespectrais de alta resolução.** Scientia Forestalis, Piracicaba, 67, p.88-100, 2004.

TRENBERTH, K. E. et al. **Observations: Surface and Atmospheric Climate Change.** In: SOLOMON, S. D. et al. (Ed.) Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom, New York: Cambridge University Press, 2007.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia ciência e aplicação.** ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1993. 949p.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação.** Coleção ABRH de Recursos Hídricos, Vol. 4: Editora da Universidade/Edusp/ABRH, Porto Alegre, 2000.

VEYRET, Yvette (Org.). **Os Riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente.** São Paulo: Contexto, 2007.

WENG, Q. **A remote sensing-GIS evaluation of urban expansion and its impact on surface temperature in the Zhujiang Delta, China.** International Journal of Remote Sensing, v. 22, n.10, p.1999-2014, 2001.