



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Instituto de Geociências

TALYTHA ACCIOLY SIMÕES COELHO

ANÁLISE GEOESPACIAL E MAPEAMENTO DA DENSIDADE DE PONTOS DE
ALAGAMENTO EM VIAS PÚBLICAS DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO,
ENTRE 2008 E 2013

CAMPINAS

2016

TALYTHA ACCIOLY SIMÕES COELHO

ANÁLISE GEOESPACIAL E MAPEAMENTO DA DENSIDADE DE PONTOS DE
ALAGAMENTO EM VIAS PÚBLICAS DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO,
ENTRE 2008 E 2013

DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO INSTITUTO DE
GEOCIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
CAMPINAS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRA
EM GEOGRAFIA NA ÁREA DE ANÁLISE AMBIENTAL E
DINÂMICA TERRITORIAL

ORIENTADOR: PROF. DR. MARCOS CÉSAR FERREIRA

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL
DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELA ALUNA
TALYTHA ACCIOLY SIMÕES COELHO E ORIENTADA
PELO PROF. DR. MARCOS CÉSAR FERREIRA

CAMPINAS

2016

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): FAPESP, 2014/21948-5

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Geociências
Cássia Raquel da Silva - CRB 8/5752

C65a Coelho, Talytha Accioly Simões, 1992-
Análise geoespacial e mapeamento da densidade de pontos de alagamento em vias públicas do município de São Paulo, entre 2008 e 2013 / Talytha Accioly Simões Coelho. – Campinas, SP : [s.n.], 2016.

Orientador: Marcos César Ferreira.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.

1. Inundações - São Paulo (SP). 2. Análise espacial. 3. Kernel, funções de. 4. Sistemas de informação geográfica. I. Ferreira, Marcos César, 1957-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Geospatial analysis and streets flooding points density mapping in São Paulo county, Brazil

Palavras-chave em inglês:

Floods - São Paulo (SP)

Spatial analysis

Kernel functions

Geographycal information systems

Área de concentração: Análise Ambiental e Dinâmica Territorial

Titulação: Mestra em Geografia

Banca examinadora:

Marcos César Ferreira

Lindon Fonseca Matias

Sérgio dos Anjos Ferreira Pinto

Data de defesa: 22-11-2016

Programa de Pós-Graduação: Geografia



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ÁREA DE ANÁLISE AMBIENTAL E DINÂMICA TERRITORIAL

AUTORA: Talytha Accioly Simões Coelho

**ANÁLISE GEOESPACIAL E MAPEAMENTO DA DENSIDADE DE PONTOS DE
ALAGAMENTO EM VIAS PÚBLICAS DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO,
ENTRE 2008 E 2013**

ORIENTADOR: Prof. Dr. Marcos César Ferreira

Aprovado em: 22 / 11 / 2016

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Marcos César Ferreira – Presidente

Prof. Dr. Lindon Fonseca Matias

Prof. Dr. Sérgio dos Anjos Ferreira Pinto

*A Ata de Defesa assinada pelos membros da Comissão Examinadora, consta no
processo de vida acadêmica do aluno.*

Campinas, 22 de novembro de 2016.

Dedico esse trabalho a toda a minha
família que me incentivou e apoiou em
todos os momentos

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a DEUS, que todos dias da minha vida me deu forças.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcos César Ferreira, por seu apoio e amizade, além de sua dedicação e competência, fundamentais para a minha formação.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela confiança e apoio financeiro.

A Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Geociências, pelo apoio e por proporcionar a minha participação no mestrado.

Aos professores do mestrado que de alguma forma contribuíram para a minha formação.

Aos amigos da pós graduação Jéssica Mendes, Danilo Garófalo e Cassiano Messias pelo companheirismo, amizade, apoio e momentos maravilhosos.

Ao colega da graduação Danilo Valente pela paciência e ajuda.

Aos meus pais Ricardo Coeli Simões Coelho e Cristina Accioly Simões Coelho, à minha irmã Letycia Accioly Simões Coelho, e à toda a minha família que sempre me incentivaram, apoiaram e me inspiraram, sem vocês não seria possível essa conquista.

Aos meus grandes amigos Guilherme Celotti, Henrique Moita, Rafaela Moreira, Renan de Quintal e Renan Moreira, que apesar da distância sempre estiveram ao meu lado.

RESUMO

ANÁLISE GEOESPACIAL E MAPEAMENTO DA DENSIDADE DE PONTOS DE ALAGAMENTO EM VIAS PÚBLICAS DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, ENTRE 2008 E 2013

O crescimento das áreas urbanizadas e da migração para as cidades, verificadas no último século, têm resultado na intensificação da disputa pelo espaço e na ocupação desordenada do solo urbano. Como consequência, os eventos naturais têm se intensificado, devido à alteração da relação entre infiltração e vazão dos rios, e mudanças nas características originais dos cursos d'água. O município de São Paulo, que possui uma das maiores áreas urbanizadas do mundo, tem sofrido frequentemente com eventos de alagamento, que atingem extensas áreas habitadas. Poucos estudos têm se dedicado à análise geoespacial e ao mapeamento dos pontos de alagamento em vias públicas de São Paulo. Neste aspecto, o objetivo desta pesquisa foi mapear a densidade espacial de pontos de alagamento registrados pelo Centro de Gerenciamento de Emergências de São Paulo (CGE), entre 2008 e 2013, e, avaliar a correspondência entre áreas com maior densidade de pontos, uso do solo urbano e traçado atual e original da rede hidrográfica, por distritos municipais. A densidade espacial foi mapeada por meio do estimador de densidade *kernel*, utilizando-se os sistemas de informação geográfica *Quantum GIS* e *ArcGIS*. Os resultados mostraram que os distritos mais atingidos pelos alagamentos apresentam zonas de uso urbano heterogêneo e diferentes estratos da população. Os distritos com maior densidade de alagamentos foram Vila Leopoldina, Jaguaré, Itaim Bibi, Pinheiros, Carrão, Barra Funda, Santa Cecília e Bela Vista. A densidade espacial dos alagamentos em vias públicas no município de São Paulo é influenciada pelo regime pluviométrico urbano; desnaturalização e retificação dos rios; implantação de vias em várzeas dos rios principais e características geomorfológicas do sítio urbano.

Palavras-chave: alagamento urbano, São Paulo, análise espacial, densidade kernel, SIG

ABSTRACT

GEOSPATIAL ANALYSIS AND STREETS FLOODING POINTS DENSITY MAPPING IN SÃO PAULO COUNTY, BRAZIL

Growth of urban areas and the population migration to cities, occurred in the last century, resulted in the increase of space needs and unregulated occupation of urban land. As a result, some natural events have intensified due to the change in the relationship between rain infiltration, river flows and changes in the original characteristics of the water bodies. The Sao Paulo municipality, which has one of the largest urban areas in the world, has often suffered large flood events and affected large populous areas. The aims of this research was to map the spatial density of flooding sites recorded by the Sao Paulo Emergency Management Center, from 2008 to 2013, and evaluate the correspondence between the higher flooding density sites, land use and urban hydrography, by municipal districts. The spatial density was mapped using the kernel density estimator, available in Quantum GIS and ArcGIS packages. The results showed that the highest flooding sites density districts show heterogeneous urban use areas and different social strata of the population. The highest flooding sites density were reported in Vila Leopoldina, Jaguare Itaim Bibi, Pinheiros, Carrao, Barra Funda, Santa Cecilia and Bela Vista districts. The spatial density of flooding sites on Sao Paulo streets was influenced by urban rainfall, changes in the natural river network patterns, land occupation in floodplains of major rivers and geomorphological characteristics of the urban site.

Keywords: urban flooding, São Paulo, spatial analysis, kernel density, GIS

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Pluviosidade média anual e mensal na estação meteorológica do Mirante de Santana, município de São Paulo, no período 2008 -2013.....	30
Tabela 2 – Extrato da planilha de pontos de alagamento do Crowdmap.....	53
Tabela 3 – Extrato da tabela gerada com base nos pontos de alagamento do CGE.....	62
Tabela 4 – Relação das estações meteorológicas utilizadas como fonte de dados pluviométricos e suas respectivas características.....	63

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Características do relevo da região metropolitana de São Paulo	26
Quadro 2 – Alguns programas de mapeamento de pontos de alagamento realizados no mundo	55
Quadro 3 – Extrato da planilha com informações sobre pontos de alagamento, fornecida pelo Centro de Gerenciamento de Emergências da Prefeitura de São Paulo	58
Quadro 4 – Tipos de dados espaciais utilizados na pesquisa, respectivos formatos e fontes de obtenção	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Número e tipos de acidentes registrados no estado de São Paulo no período de 2000 a 2008.....	17
Figura 2 – Localização do município de São Paulo em relação ao estado de São Paulo e ao território brasileiro.....	22
Figura 3 – Localização dos distritos do município de São Paulo.....	23
Figura 4 – Mapa hipsométrico e hidrográfico do município de São Paulo.....	25
Figura 5 – Carta topográfica de São Paulo na escala 1: 50000.....	27
Figura 6 – Localização de alguns dos principais rios e córregos do município de São Paulo.....	29
Figura 7 – Pluviograma da média mensal na estação meteorológica do Mirante de Santana, município de São Paulo, no período 2008 - 2013.....	31
Figura 8 – O espectro da evolução temporal mensal da pluviosidade no município de São Paulo, entre 2008 e 2013.....	31
Figura 9 – Climas naturais do município de São Paulo.....	33
Figura 10 – Climas urbanos do município de São Paulo.....	37
Figura 11 – Imagem da grande enchente de 1929, ocorrida no município de São Paulo.....	40
Figura 12 – Planta do plano de avenidas, proposta por Prestes Maia em 1930.....	41
Figura 13 – Avenidas de fundo de vale contidas nos diversos planos viários para a cidade de São Paulo.....	42
Figura 14 – Planta da cidade de São Paulo em 1919.....	44
Figura 15 – Planta da cidade de São Paulo em 1951.....	44
Figura 16 – Diferenciação entre os fenômenos hidrológicos de enchente, inundação e alagamento.....	46
Figura 17 –Esquema de uma planície urbana e os componentes da rede de drenagem e do curso d'água.....	47
Figura 18 – Diagrama conceitual de risco, susceptibilidade e vulnerabilidade.....	50
Figura 19 – Cópia, no formato printscreen, do mapa de ocorrência de alagamentos fornecido pelo programa Crowdmap.....	53
Figura 20 –Mapa de pontos de alagamento no município de São Paulo obtidos com base nos registros do Crowdmap (2012 e 2013)	54
Figura 21 –Fluxograma do processo utilizado para o desenvolvimento da pesquisa.....	57
Figura 22 –Destaque de um registro de alagamento no município de São Paulo, fornecido originalmente pelo CGE.....	59
Figura 23 – Processo de obtenção das coordenadas geográficas do ponto de alagamento destacado na Figura 22, por meio de imagem do Google Earth.....	59
Figuras 24 – Extrato da planilha com todas as coordenadas geográficas obtidas pelo processo ilustrado na Figura 23.....	60
Figura 25 – Exemplo da subtração para obtenção do horário inicial do alagamento.....	60
Figura 26 – Exemplo de adequação dos horários dos alagamentos no formato de 24 horas.....	61
Figura 27 – Exemplo do cálculo para obtenção de horas inteiras.....	61

Figura 28 – Distribuição espacial das estações meteorológicas da ANA no município de São Paulo.....	66
Figura 29 – Mapa das isoietas médias anuais no município de São Paulo, baseadas em séries temporais mínimas de 30 anos.....	68
Figura 30 – Totais anuais de ocorrências de pontos de alagamento registrados no município de São Paulo, entre 2008 e 2013.....	69
Figura 31 – Evolução do total mensal de pontos de alagamento no município de São Paulo entre 2008 e 2013.....	70
Figura 32 – Evolução do número de pontos de alagamento e do total mensal de precipitação pluvial no município de São Paulo, entre 2008 e 2013.....	71
Figura 33 - Retas de regressão e coeficientes de determinação entre total mensal de pluviosidade (mm) e total de pontos de alagamento, entre 2008 e 2013, no município de São Paulo.....	72
Figura 34 - Localização dos pontos de alagamento registrados pelo CGE no período de 2008 a 2013 e a distribuição nas principais vias do município de São Paulo.....	74
Figura 35 - Distribuição dos pontos de alagamentos registrados pelo CGE em relação aos logradouros e os distritos da área central do município de São Paulo.....	76
Figura 36 - Mapa de distribuição dos pontos de alagamento no município de São Paulo em 2008, em relação à rede hidrográfica.....	78
Figura 37 - Mapa de distribuição dos pontos de alagamento no município de São Paulo em 2009, em relação à rede hidrográfica.....	79
Figura 38 – Mapa de distribuição dos pontos de alagamento no município de São Paulo em 2010, em relação à rede hidrográfica.....	80
Figura 39 – Mapa de distribuição dos pontos de alagamento no município de São Paulo em 2011, em relação à rede hidrográfica.....	81
Figura 40 – Mapa de distribuição dos pontos de alagamento no município de São Paulo em 2012, em relação à rede hidrográfica.....	82
Figura 41 - Mapa de distribuição dos pontos de alagamento no município de São Paulo em 2013, em relação à rede hidrográfica.....	83
Figura 42 - Mapa de distribuição dos pontos de alagamento no município de São Paulo, acumulados no período 2008-2013, em relação à rede hidrográfica.....	85
Figura 43 - Mapa da densidade de pontos de alagamento, registrados no período 2008 a 2013, por distrito do município de São Paulo.....	87
Figura 44 - Mapa de densidade Kernel de pontos de alagamento do município de São Paulo no ano de 2008, e sua distribuição em relação aos distritos.....	90
Figura 45 - Mapa de densidade Kernel de pontos de alagamento do município de São Paulo no ano de 2009, e sua distribuição em relação aos distritos.....	91
Figura 46 - Mapa de densidade Kernel de pontos de alagamento do município de São Paulo no ano de 2010, e sua distribuição em relação aos distritos.....	92
Figura 47 – Mapa de densidade Kernel de pontos de alagamento do município de São Paulo no ano de 2011, e sua distribuição em relação aos distritos.....	93
Figura 48 – Mapa de densidade Kernel de pontos de alagamento do município de São Paulo no ano de 2012, e sua distribuição em relação aos distritos.....	94
Figura 49 – Mapa de densidade Kernel de pontos de alagamento do município de São Paulo no ano de 2013, e sua distribuição em relação aos distritos.....	95
Figura 50 – Mapa de densidade kernel de pontos de alagamento do município de São Paulo, calculado a partir do total acumulado no período 2008-2013, e sua distribuição em relação aos distritos.....	96

Figura 51 - Visualização da distribuição dos pontos de alagamento recentes, ocorridos entre 2008 e 2013, em área da várzea do Tietê próxima ao Carandiru, na base cartográfica de 1930.....	98
Figura 52 - Distribuição do total de pontos de alagamento (2008-2013) em relação ao uso e cobertura do solo no município de São Paulo.....	100
Figura 53 - Distritos do município de São Paulo com valores mais elevados de densidade kernel, selecionados para a análise do zoneamento.....	102
Figura 54 - Zoneamento do distrito Vila Leopoldina, proposto pelo Plano Diretor do município de São Paulo (2016), e distribuição dos pontos de alagamento mapeado entre 2008 e 2013.....	103
Figura 55 - Zoneamento do distrito Jaguaré, proposto pelo Plano Diretor do município de São Paulo (2016), e distribuição dos pontos de alagamento mapeado entre 2008 e 2013.....	105
Figura 56 - Zoneamento do distrito Santo Amaro, proposto pelo Plano Diretor do município de São Paulo (2016), e distribuição dos pontos de alagamento mapeado entre 2008 e 2013.....	107
Figura 57 - Zoneamento do distrito Itaim Bibi, proposto pelo Plano Diretor do município de São Paulo (2016), e distribuição dos pontos de alagamento mapeado entre 2008 e 2013.....	109
Figura 58 - Zoneamento do distrito Pinheiros, proposto pelo Plano Diretor do município de São Paulo (2016), e distribuição dos pontos de alagamento mapeado entre 2008 e 2013.....	111
Figura 59 - Zoneamento do distrito Carrão, proposto pelo Plano Diretor do município de São Paulo (2016), e distribuição dos pontos de alagamentos mapeados entre 2008 e 2013.....	113
Figura 60 - Zoneamento do distrito Barra Funda, proposto pelo Plano Diretor do município de São Paulo (2016), e distribuição dos pontos de alagamentos mapeados entre 2008 e 2013.....	115
Figura 61 - Zoneamento do distrito Santa Cecília, proposto pelo Plano Diretor do município de São Paulo (2016), e distribuição dos pontos de alagamentos mapeados entre 2008 e 2013.....	117
Figura 62 - Zoneamento do distrito Bela Vista, proposto pelo Plano Diretor do município de São Paulo (2016), e distribuição dos pontos de alagamentos mapeados entre 2008 e 2013.....	119

LISTA DE ABREVIATURAS

- ANA: Agência Nacional de Águas
- CEM: Centro de Estudos da Metrópole
- CGE: Centro de Gerenciamento de Emergências
- HIDROWEB: Sistema de informações hidrográficas da Agência Nacional de Águas
- NASA: National Aeronautics and Space Administration
- PDE: Plano Diretos Estratégico do município de São Paulo
- SAD69: South American Datum
- UGRHI: Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	16
2	OBJETIVOS.....	20
	Geral.....	20
	Específico.....	20
3	ÁREA DE ESTUDO.....	21
4	REVISÃO DOS CONHECIMENTOS ANTERIORES.....	39
	4.1. Breve relato histórico do município de São Paulo.....	39
	4.2. Eventos hidrológicos e sua ação no espaço urbano.....	45
	4.3. Estudos internacionais e nacionais sobre eventos hidrológicos.....	47
	4.4. O uso da análise espacial.....	55
5	MATERIAL E MÉTODO.....	57
6	RESULTADOS.....	65
	6.1. Análise dos dados pluviométricos.....	65
	6.2. Análise dos pontos de alagamento.....	69
	6.3. Análise da densidade Kernel.....	88
	6.4. Os pontos de alagamento e o rio Tietê antes da retificação.....	97
	6.5. Análise da distribuição espacial dos pontos de alagamento em relação ao uso do solo e ao zoneamento urbano.....	99
	CONCLUSÕES.....	121
	BIBLIOGRAFIA.....	122
	ANEXO 1.....	129
	ANEXO 2.....	130

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O crescimento urbano no Brasil, bem como, nos demais países latino-americanos, não tem ocorrido de forma sustentável, mas sim, de maneira inadequada no que diz respeito à implantação de infraestruturas, em harmonia com as limitações ambientais impostas pelo espaço urbano. Além disto, a cidade exerce papel importante nos processos de mudanças climáticas regionais, através das construções, ruas, circulação de veículos, indústrias e atividades humanas, criando assim climas urbanos. (AMORIM, 2013)

A ocupação de várzeas, resultante da expansão das áreas construídas, tem contribuído para que eventos naturais assumam a magnitude de desastres, sobretudo, em decorrência da “desnaturalização” das margens dos corpos d’água, provocada pela impermeabilização do solo, canalização dos leitos e ocupação desordenada das bacias hidrográficas urbanas. Estes fatores são mais frequentes em grandes regiões metropolitanas, como São Paulo, onde processos migratórios e de segregação espacial da população, têm provocado competição intensa pelo espaço, cada vez mais exíguo às populações mais pobres.

Uns dos principais fenômenos que afetam os espaços urbano são os relacionados às questões hídricas, como enchentes, inundações e alagamentos. Estes eventos naturais, quando atingem a população e suas moradias e causam danos materiais e imateriais, constituindo-se em desastres naturais.

O Brasil é um dos países mais atingidos por inundações e enchentes, situando-se entre os dez principais em número de vítimas de desastres naturais (TOMINAGA, 2012). Em todo o mundo tem havido rápido crescimento no número de pessoas mortas ou gravemente afetadas por inundações, incluindo-se as inundações urbanas, causadoras de metade dos desastres e 84% de todas as mortes. (UN WATER, 2011 apud ODUFUWA et al, 2012).

Ainda de acordo com Tominaga et al. (2012), no estado de São Paulo foram registrados entre os anos 2000 e 2008, 1.861 acidentes relacionados a fenômenos naturais, sendo que, a maior porcentagem foi associada a inundações, enchentes e alagamentos (Figura 1).

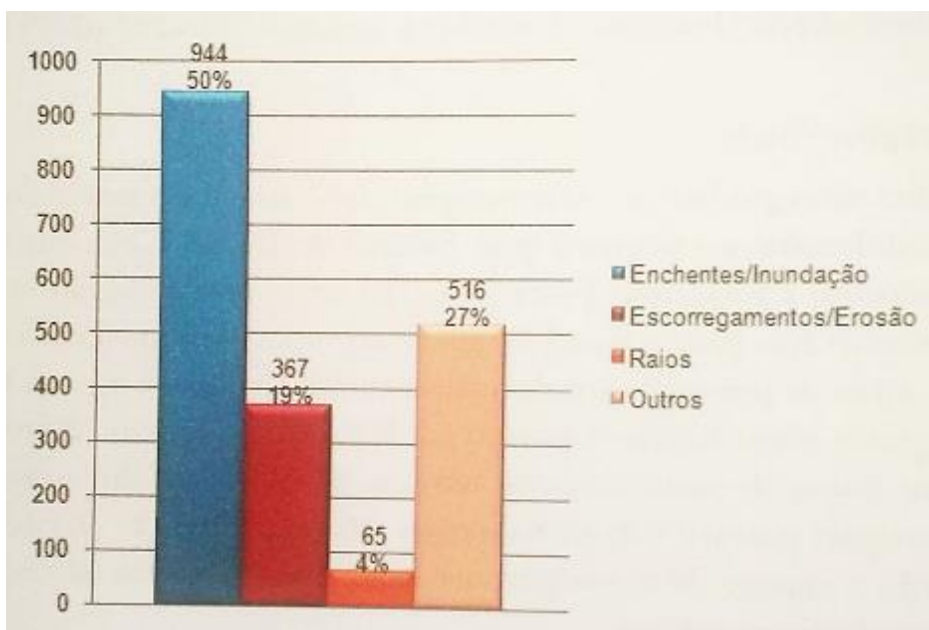


Figura 1 - Número e tipos de acidentes ambientais registrados no estado de São Paulo no período de 2000 a 2008. Fonte: Tominaga et al. (2012).

As alterações no padrão natural dos corpos d'água situados no espaço urbano, e suas consequências nas modificações do padrão das vazões e do transbordamento nas várzeas, ocasionam problemas hídricos de diferentes magnitudes espaciais. Enchentes e inundações são fenômenos naturais que, associados às alterações da superfície natural - como impermeabilização e ocupação densa do solo, ocasionam perdas tanto materiais como imateriais a toda a população. A variabilidade espaço-temporal das chuvas afeta significativamente a ocorrência de cheias, conduzindo a grande heterogeneidade na resposta dos cursos d'água a eventos hidrológicos, e incertezas em sua previsão.

A vulnerabilidade da população a estes eventos depende de características sociais, econômicas e políticas, e, variam de acordo com a forma e a intensidade da atuação destes. Uma das ferramentas utilizadas para se identificar tal vulnerabilidade é o mapa de risco, que pode ser produzido por meio de combinação entre imagens de satélite e dados geoespaciais, para identificação dos locais propícios a sofrer com os fenômenos hidrológicos.

Os mapas de risco de inundação são ferramentas bastante úteis, uma vez que permitem espacializar as áreas de risco de modo a tornar perceptível o espaço urbano e o sistema de drenagem como um todo (BARBOSA, 2006, p.51)

A análise da vulnerabilidade de um ambiente a ocorrências de alagamentos envolve inúmeros fatores que necessitam serem tratados segundo abordagens integradas, em uma análise holística. Por isto, há a necessidade do uso de grande quantidade de dados espaciais

integrados. Um dos sistemas capazes de realizar esse trabalho de maneira eficiente é o sistema de informação geográfica (SIG) que tem a capacidade de manipular informações espaciais de forma rápida. “A análise da vulnerabilidade de diferentes áreas da cidade, muitas vezes envolve múltiplos critérios que têm de ser geograficamente relacionados entre si, no qual o sistema de informação geográfica é uma ferramenta poderosa.” (FERNÁNDEZ & LUTZ, 2009, p.90). O SIG é eficiente para a análise dos fenômenos de alagamento no município de São Paulo, pois estes são provocados por inúmeros fatores ambientais, sociais e econômicos.

As alterações no uso e ocupação do solo nos centros urbanos são hoje constantes, o que leva a necessidade de grande número de informações para responder aos impasses que estas modificações ocasionam no ambiente. O aumento da área urbanizada no município de São Paulo foi marcado pelo crescente assoreamento dos rios, ocupação inadequada, um sistema de drenagem incompleto e insuficiente, além da grande impermeabilização do solo e alterações nos microclimas, tendo como consequência, o aumento da intensidade das precipitações. (OSTROWSKY & ZMITROWICZ, 1991).

Tendo em vista os frequentes eventos hidrológicos extremos que atingem os grandes centros urbanos e, seus danos materiais e imateriais decorrentes, há a necessidade de maior número de estudos para entendimento e busca de soluções para estes problemas. Com a industrialização do Brasil e a conseqüentemente transformação na área urbana de São Paulo, um processo de segregação sócio espacial característico da cidade capitalista se implantou na metrópole paulista. “Em São Paulo, enquanto as elites armavam, incessantemente, suas estratégias de individualização no espaço da cidade, dos subterrâneos da ordem estabelecida vinha a luta para ocupar os interstícios desse mesmo espaço” (SEABRA, 1987, p. 6). Essa disputa pelo espaço ocasiona ocupação em áreas impróprias e conseqüentemente o aumento do número de ocupações às margens dos rios. Cabe ao poder público a resolução desses problemas, como é elencado no Cap. II, Art. 8º e parágrafo V do Plano Diretor de São Paulo (2004) como um dos princípios:

Garantir a todos os habitantes do município acesso a condições seguras de qualidade do ar, da água e de alimentos, química e bacteriologicamente seguros, de circulação e habitação em áreas livres de resíduos, de poluição visual e sonora, de uso dos espaços abertos e verdes.

Os alagamentos - eventos hidrológicos mais presentes atualmente no município de São Paulo, causado pelas modificações nos cursos d’água e impermeabilização do solo -

demandam grandes investimentos financeiros de recuperação de áreas atingidas, além de política públicas para auxílio da população.

“O número de afetados relacionados aos processos de inundação, enchente e alagamentos geralmente é elevado, pois envolve efeitos diretos e indiretos. Dentre os efeitos diretos destacam-se as mortes por afogamento, destruição de moradias e danos materiais. Entre os efeitos indiretos destacam-se as doenças transmitidas por água contaminada, como a leptospirose, a febre tifoide, a hepatite e a cólera” (Min. Cidades/IPT, 2007 apud Tominaga et al. 2012)

Outro problema é a dependência de vultuosos recursos para a gestão, manutenção e sustentabilidade do modelo de gerenciamento hídrico artificial adotado para a bacia hidrográfica do Alto Tietê. Portanto, há a necessidade de novas abordagens espaciais que permitam identificar e mapear áreas situadas no município de São Paulo, onde a frequência e a densidade de pontos de alagamento são significativas. O estudo espacial dos pontos de alagamento é um desafio importante para o monitoramento e a demarcação das áreas propícias à ocorrência e ao retorno de tais eventos (PASCHALIS, 2014).

2. OBJETIVOS

2.1 – Objetivo Geral

Analisar e realizar o mapeamento da densidade espacial dos pontos de alagamento em vias públicas no município de São Paulo, com base na série temporal de 2008 a 2013, utilizando técnicas de análise geoespacial em sistema de informação geográfica.

2.2 – Objetivos Específicos

- Correlacionar o total mensal de precipitação pluvial e o número de pontos de alagamento no período 2008-2013.
- Analisar a influência da rede hidrográfica na localização das maiores densidades de pontos de alagamento.
- Avaliar a distribuição das áreas com alta densidade kernel em relação aos distritos e ao zoneamento urbano de 2016.

3. ÁREA DE ESTUDO

São Paulo possuía, em 2010, população total de 11.253.503 habitantes (IBGE, 2010), com 99,1% residindo na área urbana, e densidade demográfica de 7.398,26 hab/km², revelando alta taxa de urbanização. A localização nacional e estadual da área de estudo está representada no mapa da Figura 2.

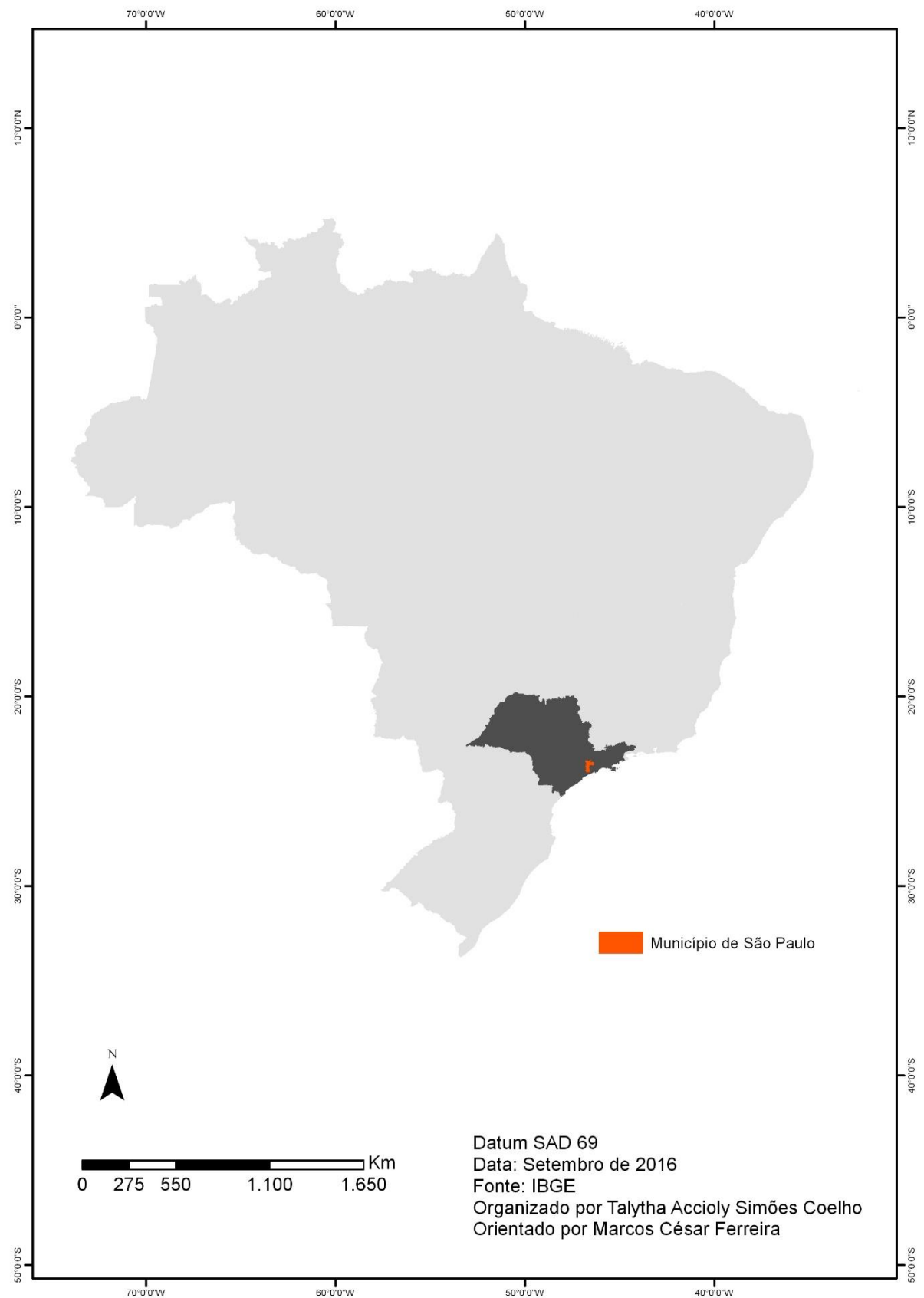


Figura 2 - Localização do município de São Paulo em relação ao estado de São Paulo e ao território brasileiro.

O município de São Paulo encontra-se subdividido em 32 subprefeituras, estas têm como função, a solução de problemas, cuidado com a manutenção do sistema viário, com a rede de drenagem, limpeza urbana, vigilância sanitária e epidemiológica, além da preocupação com a população (educação, saúde, cultura). São Paulo conta também com 96 distritos (SVMA, 2004), cuja distribuição espacial pode ser observada na Figura 3.

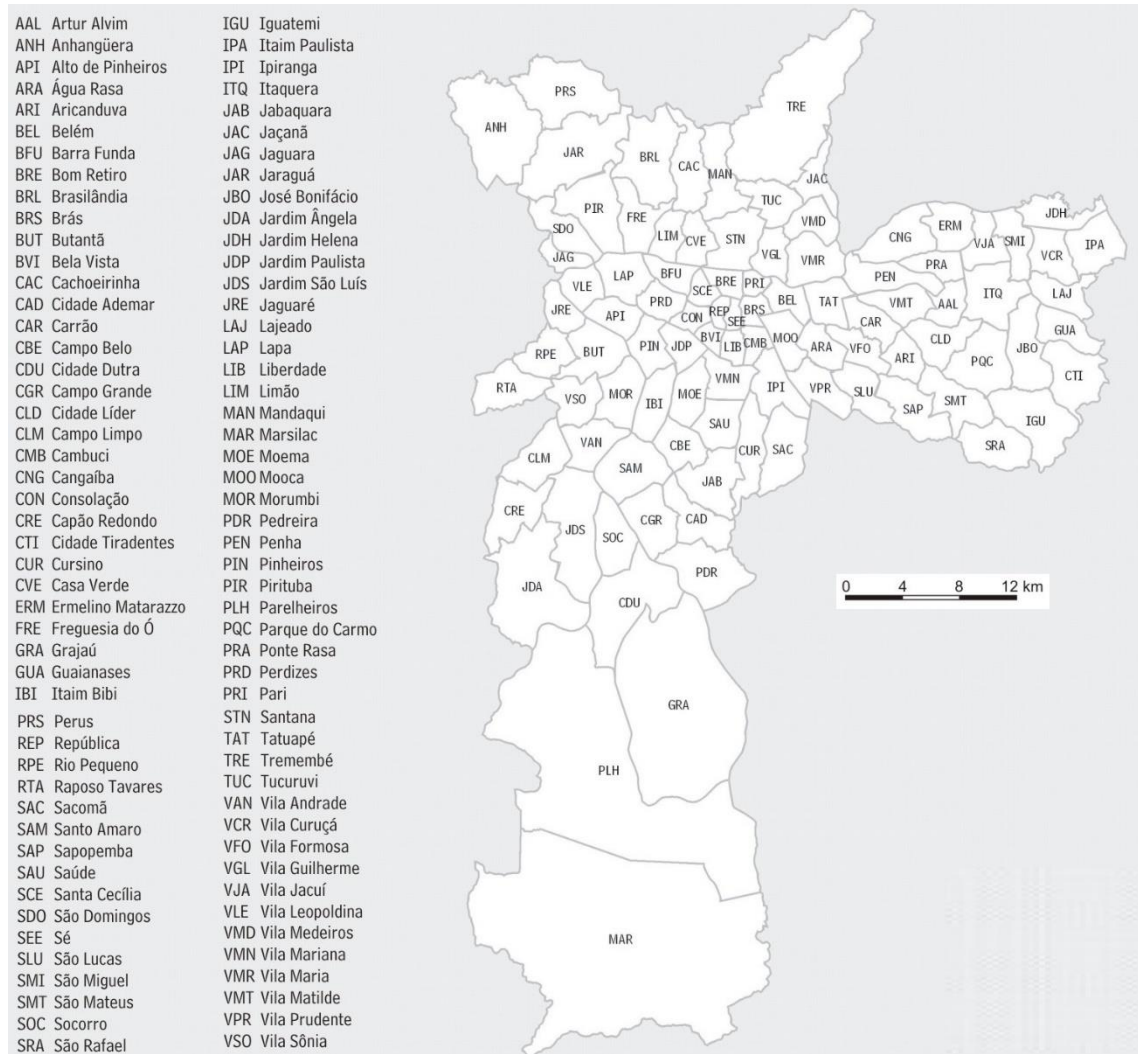


Figura 3 - Localização dos distritos do município de São Paulo. Fonte: modificado de CEM (2008).

Segundo Ab'Sáber (2007), o sítio urbano de São Paulo possui amplitude altimétrica relativamente fraca, ou seja, do fundo dos vales do Tietê e Pinheiros (720 m) até as colinas mais elevadas do espigão divisão (810-830 m) há um desnível aproximado de 100 metros. Um dos elementos topográficos mais característicos é o Espigão Central, o divisor de águas entre as bacias do Tietê e do Pinheiros, que possui formato alongado e estreito, cujos os flancos decaem para NE e SW em patamares escalonados até atingir as calhas aluviais de fundo achatado.

Os principais componentes topográficos presentes na área urbana do município são: Altas Colinas de Topo Aplainado do Espigão Central; Altas Colinas dos Rebordos dos Espigões Principais; Patamares e Rampas Suaves Escalonados do Espigão Central; Colinas Tabulares do Nível Intermediário; Baixas Colinas Terraceadas; Terraços Fluviais de Baixadas Relativamente Enxutas e Planícies de Inundação (AB’SABER, 2007). A Figura 4 mostra o mapa hipsométrico e hidrográfico do município de São Paulo.

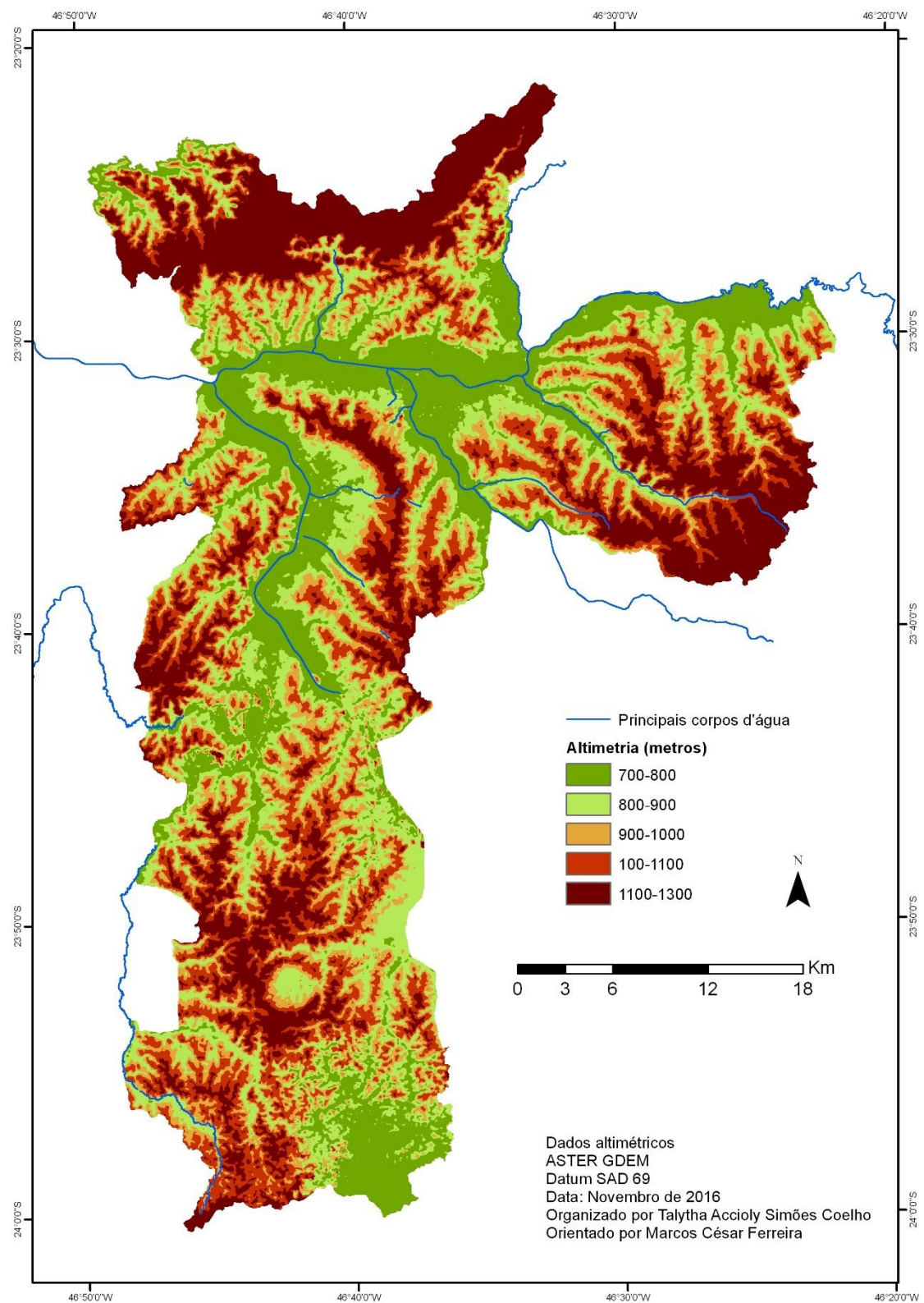


Figura 4 – Mapa hipsométrico e hidrográfico do município de São Paulo. Fonte: modificado de NASA (2016) e Geosampa (2016).

De acordo com Azevedo (1958), São Paulo localiza-se no Planalto Paulistano, com relevo pouco acidentado e presença de morros, colinas e planícies aluviais. Os relevos são cristalinos de idade arqueozoica, trabalhados pelos processos erosivos nos trechos assentados por sedimentos de idade pliocênica e o município se encontra no interior de um anfiteatro formado por áreas montanhosas nos limites do planalto. O Quadro 1 apresenta a síntese dos tipos de relevo da região metropolitana de São Paulo e na Figura 5 a carta topográfica de São Paulo ilustrando as diferentes cotas e a toponímicas do município

Quadro 1- Características do relevo da região metropolitana de São Paulo (adaptado de MARQUES, 2005).

Região do Município	Tipos de Relevo	Características Principais
Planalto Paulistano	Suavizado com morros e espigões	Altitudes médias entre 715 e 900m
Centro-Norte	Bacia Sedimentar do Rio Tietê e seus principais afluentes	Planícies aluviais pouco amplas caracterizando terraços fluviais
Norte	Província Serrana	Altitudes entre 1100 e 1200m
Oeste	Planalto de Ibiúna	Cerca de 90m mais elevado que o Planalto Paulistano
Sul	Planalto	Termina bruscamente nas escarpas da Serra do Mar

São Paulo situa-se em altitude média de 860 metros, com rede de drenagem pertencente à bacia do Alto Tietê. Os afluentes meridionais são os mais expressivos (81,3% da bacia), com numerosos meandros. Já os setentrionais (18,7% da bacia) possuem nascentes na Serra da Cantareira; em função da litologia e da declividade, o padrão de drenagem predominante é o retangular, resultante das estruturas cristalinas e áreas graníticas (SANTOS, 1958).

O município se distribui em três sub-bacias da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Alto Tietê (UGRHI): Cotia-Guarapiranga; Pinheiros-Pirapora e Billings-Tamanduateí. Apenas pequena proporção do município está inserida em sub-bacias da UGRHI da Baixada Santista que drenam para o litoral. Os principais cursos d'água que drenam o município são os rios Tietê; Pinheiros; Tamanduateí; Aricanduva e Embu-Guaçu; e os córregos Pirajuçara; Ipiranga; Cabuçu de Cima; Cabuçu de Baixo e Mandaqui; entre outros. (SVMA, 2004). O mapa da Figura 6 mostra a localização de alguns dos principais corpos d'água do município de São Paulo.

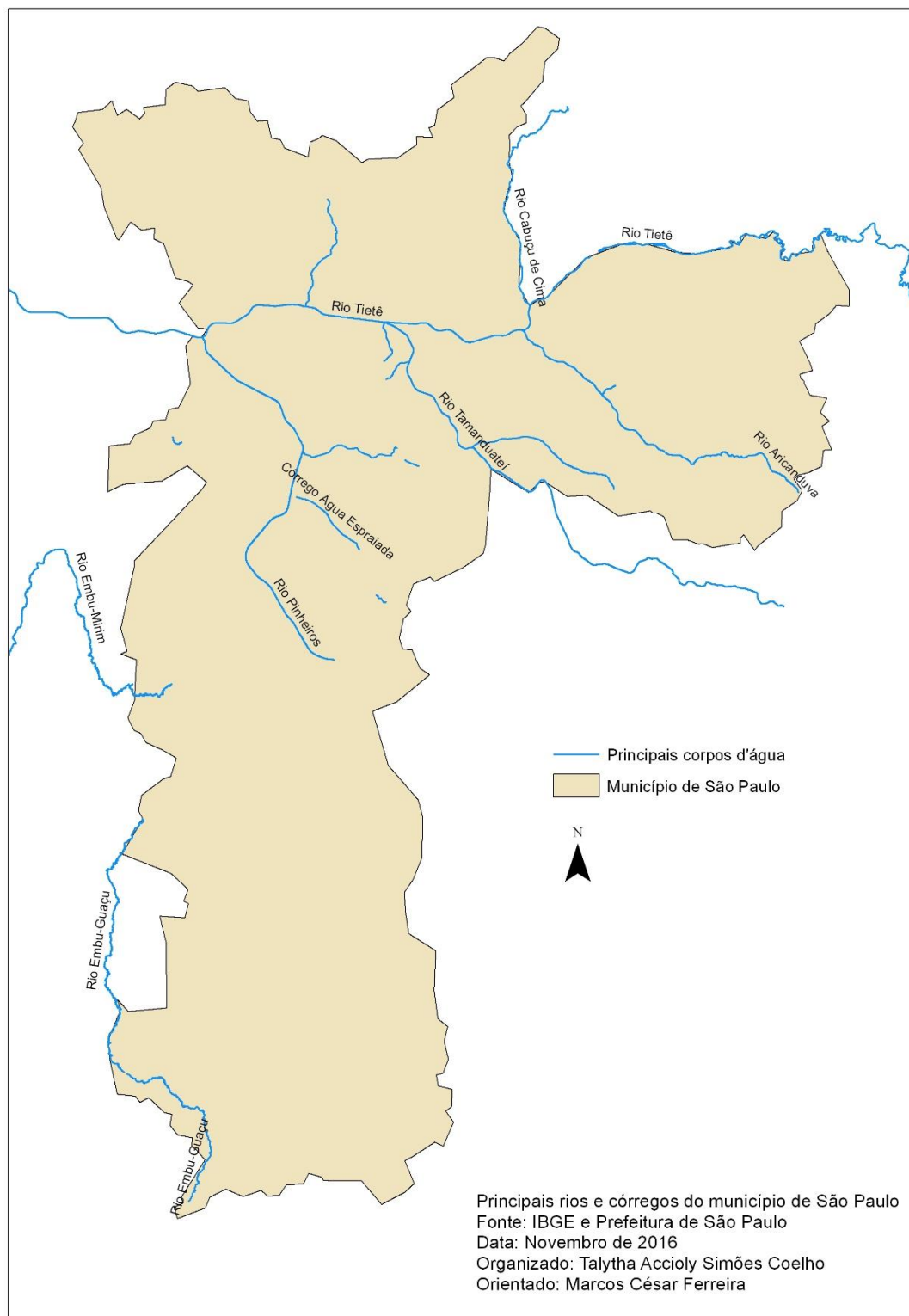


Figura 6 - Localização de alguns dos principais rios e córregos do município de São Paulo.

A área de estudo está inserida no Bioma da Mata Atlântica, de acordo com França (1958) a vegetação original da área era composta por formações florestais, arbustivas e herbáceas. Mas devido à expansão urbana e a ocupação desordenada, a vegetação foi alterada, constituindo-se apenas por formações rasteiras e arbustivas, em meio à paisagem urbana, preservados em alguns parques e áreas verdes importantes, principalmente no extremo sul na Área de Proteção Ambiental Capivari-Monos, e na região norte, no Parque Estadual da Serra da Cantareira. A cobertura vegetal ainda existente no município é composta por fragmentos de floresta ombrófila densa; floresta ombrófila densa alto montana; floresta ombrófila densa sobre turfeira; formações de várzeas e campos naturais. Já a arborização urbana é formada por espécies nativas e exóticas, com distribuição irregular (SVMA, 2004).

Dados do CEPAGRI (2016) indicam que o município apresenta temperatura média anual é de 20,7°C e total pluviométrico médio anual de 1.376,2 mm. A Tabela 1 e a Figura 7 apresentam a evolução da pluviosidade média mensal no período de 2008 a 2013, na estação meteorológica Mirante de Santana.

Tabela 1 – Pluviosidade média anual e mensal na estação meteorológica do Mirante de Santana, município de São Paulo, no período 2008-2013 (INMET, 2016).

Mês	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Média (mm)
Janeiro	318,5	351,8	480,5	493,7	332,6	169,2	357,7
Fevereiro	236,3	200,2	296,5	311,5	224,2	278,0	257,8
Março	180,8	125,7	184,5	164	187,6	174,5	169,5
Abril	96,6	69,6	124,5	133	155,9	70,7	108,4
Maio	80,3	50,0	65,2	30,4	82,7	42,5	58,5
Junho	78,2	49,8	13,1	81,6	233,7	143,2	99,9
Julho	0,0	179,7	93,5	4,5	74,7	90,9	73,9
Agosto	78,5	102,8	0,4	46,3	0,3	7,7	39,3
Setembro	43,9	192,2	104,8	7,4	19,2	81,3	74,8
Outubro	161,4	154,5	70,1	149,6	128,3	126,6	131,8
Novembro	165,1	177,3	109,6	141,3	91,6	123,6	134,8
Dezembro	220,2	363,7	343,1	136,8	401,9	83,1	258,1
Total	1659,8	2017,3	1885,8	1700,1	1932,7	1391,3	

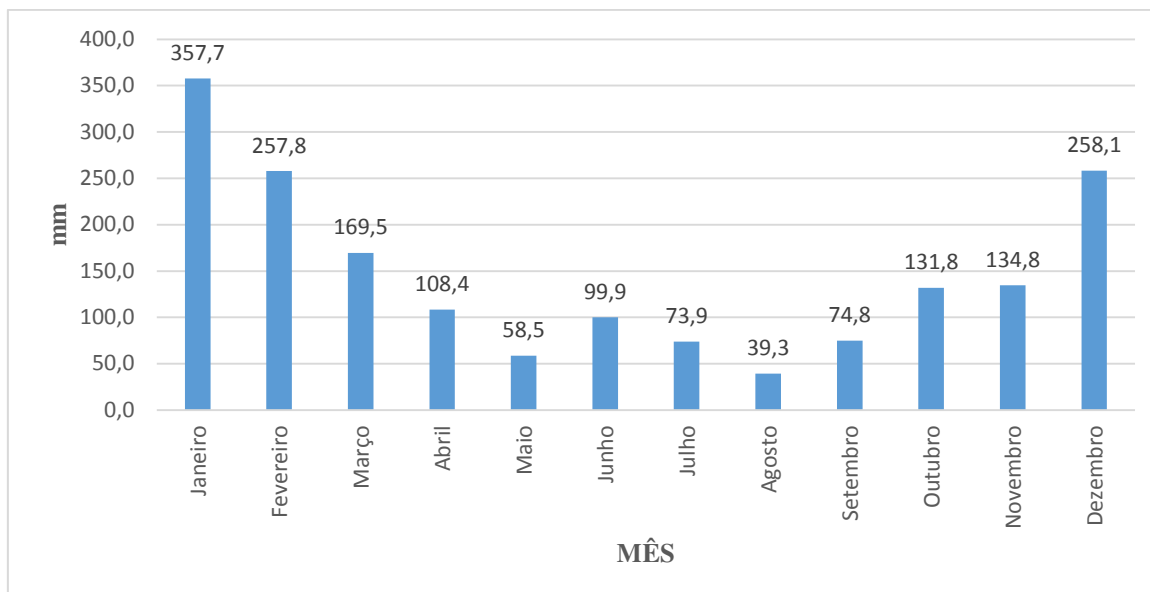


Figura 7 – Pluviograma da média mensal na estação meteorológica do Mirante de Santana, município de São Paulo, no período 2008-2013 (INMET, 2016).

O espectro da evolução temporal mensal da pluviosidade na área estudada entre 2008 e 2013 (Figura 8), mostra o ritmo alternante entre meses mais chuvosos e meses menos chuvosos, característicos de verões úmidos e invernos secos, como pode ser visto na Figura 8.

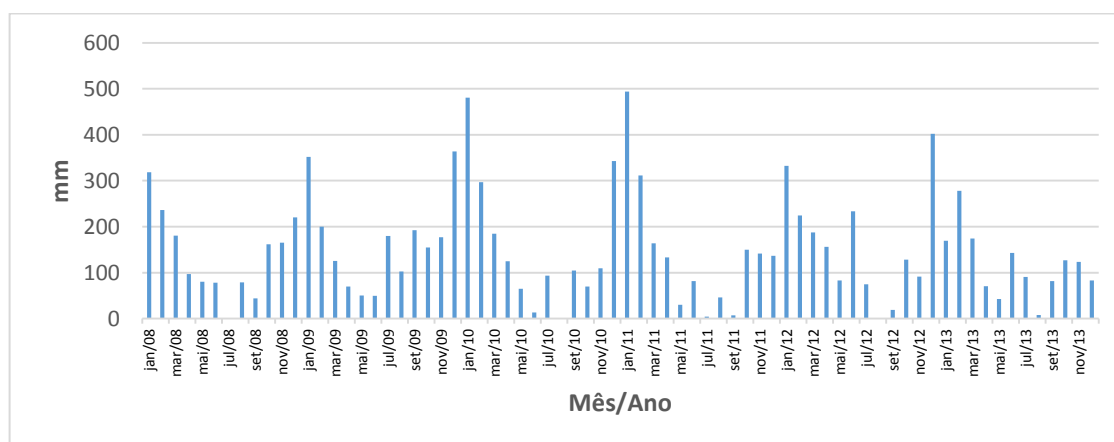


Figura 8 - O espectro da evolução temporal mensal da pluviosidade no município de São Paulo, entre 2008 e 2013. Fonte: Adaptado de INMET (2016).

O município de São Paulo está posicionado em uma área de transição, que sofre influência das principais correntes de circulação atmosférica da América do Sul, o que favorece a ocorrência de grande variabilidade climática de entre anos consecutivos. (ALVES & RIBEIRO, 2006). Esta variabilidade hidroclimática pode ser também influenciada também pela oscilação El Niño/La Niña (SEAGER, 2013).

Tarifa & Armani (2001) classificam os climas de São Paulo, em duas grandes categorias: climas naturais e climas urbanos. Os climas naturais estão relacionados apenas ao controle climático determinado por oceano, relevo, altitude, declividade, orientação e ventos; ou seja, são considerados apenas aspectos naturais, não se incluindo fatores urbanos. Os autores mapearam cinco tipos de climas locais naturais, compostos por diversas subunidades (Figura 9).

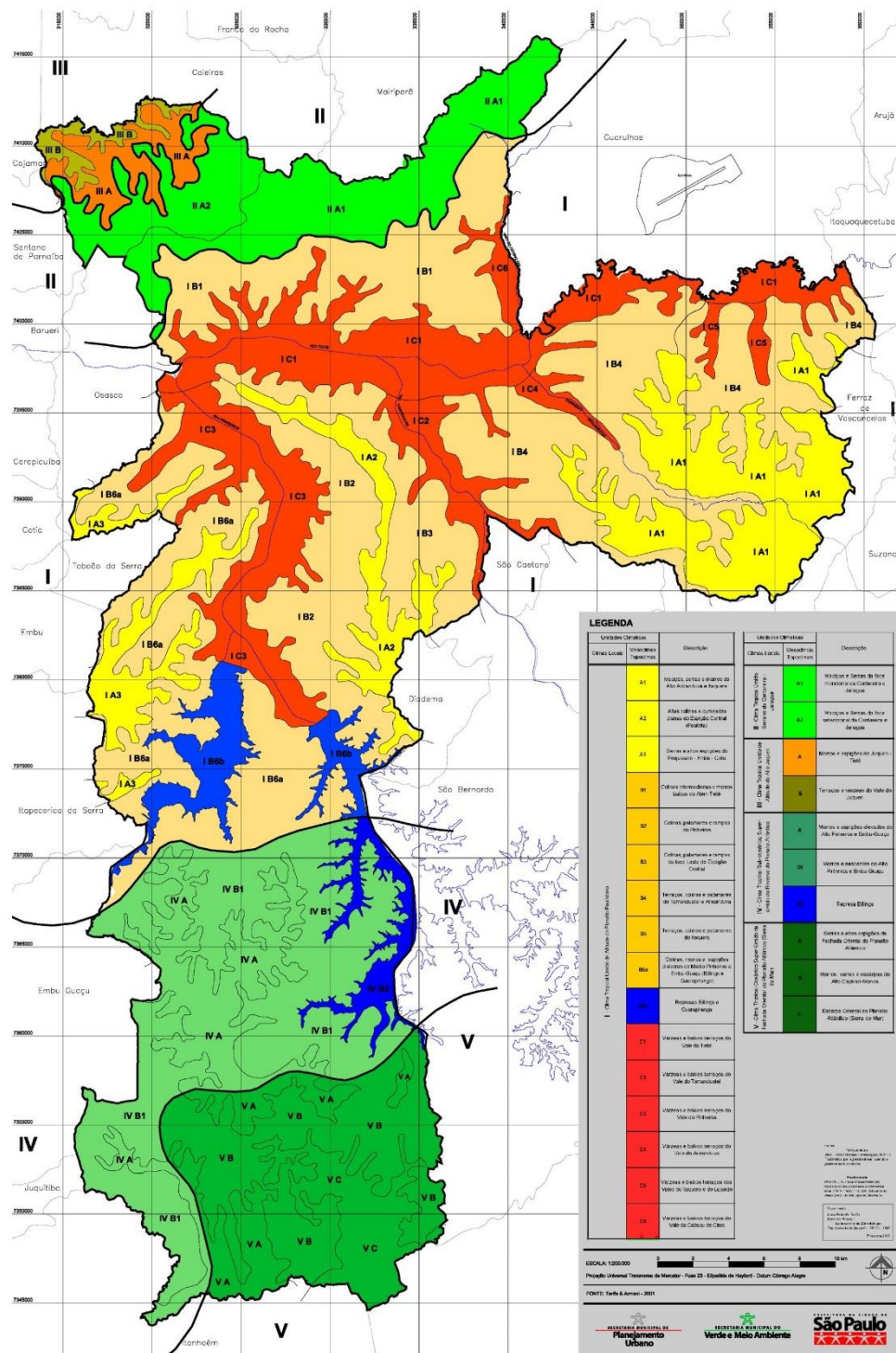


Figura 9 – Climas naturais do município de São Paulo (TARIFA & ARMANI, 2001).

O primeiro clima natural é o Clima Tropical Úmido de Altitude do Planalto Atlântico (Unidade I), este ocupa praticamente a área da Bacia Sedimentar de São Paulo, onde a urbanização se instalou primeiramente. Este clima é subdividido em 3 diferentes mesoclimas: (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.

IA: é subdividido em 3 subunidades, a IA1 que representa os maciços, serras e morros do alto Aricanduva e Itaquera, a IA2 referente ao Espigão Central e IA3 que são altos espigões do Pirajussara, Embú e Cotia. As subdivisões possuem um comportamento climático similar, com temperaturas amenas com as médias anuais em torno de 19,3° referente ao efeito da altitude. A topografia dessas áreas tende a aumentar a instabilidade dos sistemas atmosféricos relacionados à precipitação, os totais anuais nestas unidades variam de 1250 a 1450mm e os máximos em 24 horas oscilam entre 100 a 175mm.

IB: foi dividido em 3 subunidades, a primeira é a IB1 que tem presente as colinas intermediárias e morros baixos do além Tietê, a IB2 que representa colinas, patamares e rampas do Pinheiros, IB3 que são colinas, patamares e rampas da face Leste do Espigão Central, a IB4 com os terraços, colinas e patamares do Tamanduateí e Aricanduva, IB5 que tem presente os terraços, colinas, patamares do Itaquera e por fim o IB6 com as colinas, morros e espigões divisores do médio Pinheiros e Embú-Guaçu (Billings e Guarapiranga). Essas unidades sofrem um rebaixamento do relevo comparado com as subunidades anteriores, ocasionando um pequeno aumento da temperatura, sendo as médias anuais variando entre 19,6° a 19,3°C. As precipitações nessas subunidades oscilam entre 1250 a 1580mm e os máximos em 24 horas entre 100 e 200mm. A região IB1 possui maior proximidade com a Serra da Cantareira, ocasionando um aumento nos valores de precipitação, variando entre 1350 a 1580mm anuais.

IC: para essa unidade foi subdividido segundo os cursos d'água, cada subunidade representa um rio, a primeira é a IC1 que são as várzeas e baixos terraços do vale do Tietê, seguido pelo IC2 correspondendo as várzeas e terraços do vale do Tamanduateí, IC3 com as várzeas e baixos terraços do vale do Pinheiros, IC4 representando as várzeas e baixos terraços do vale do Aricanduva, a IC5 que são as várzeas e baixos terraços dos vales do Lajeado e Itaquera e por último o IC6 correspondendo as várzeas e baixos terraços do vale do Cabuçu de Cima. O relevo baixo e plano favorecem o aquecimento devido à maior absorção da radiação, e durante

a noite os valores diminuem devido à drenagem e acúmulo de ar frio, as médias anuais ficam em torno de 19,7° a 19,6°C. A precipitação é reduzida compara com as demais áreas, ocasionada pelo relevo e aumento da estabilidade, os totais anuais variam de 1240 a 1560mm, e os máximos em 24 horas de 100 a 175mm. Essas áreas por serem vales, tem como característica a recepção de águas das regiões mais elevadas ocasionada tanto pela água da chuva como também pelo processo de escoamento superficial, este intensificado cada vez mais pela urbanização e “desnaturalização” dos ambientes.

O segundo clima natural do Município de São Paulo é o Clima Tropical Úmido Serrano da Cantareira – Jaraguá (Unidade II). Este 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 Juquerí. Ambos os mesoclimas possuem um relevo que varia de 800 a 1200 metros, e com temperaturas médias anuais entorno de 19,3° a 17,7°C. Essas áreas são mais elevadas e ocasionam um aumento na precipitação, os oscilam entre 1400 a 1590mm anuais e os máximos em 24 horas de 150 a 220mm.

O clima Tropical Úmido de Altitude do Alto Juquerí, clima III, é subdividido em dois mesoclimas, o (IIIA) que representa os morros e espigões do Alto Juquerí – Tietê e o (IIIB) referente aos terraços e várzeas do vale Juquerí. As duas subunidades possuem algumas dissimilaridades.

IIIA: sua altitude é relativamente elevada e varia entre 720 a 800 m, sofrendo uma pequena diminuição das temperaturas, tendo como média anual entre 19,6° a 19,3°C, já os totais anuais de precipitação então entorno de 1400 a 1500mm e os máximos em 24 horas entre 150 a 200mm.

IIIB: abrange áreas mais baixas e planas, com altitudes que variam entre 720 e 740 m. Essa característica favorece o maior aquecimento da área durante o dia, as temperaturas médias anuais são entorno de 19,7° a 19,6°C e a proximidade da região com a Serra da Cantareira e Jaraguá favorecem um aumento dos totais anuais de precipitação, variando de 1400 a 1450mm, e os máximos em 24 horas oscilam entre 150 a 200mm.

O quarto clima é o Clima Tropical Sub-oceânico Super úmido do Reverso do Planalto Atlântico, está localizado ao sul da represa de Guarapiranga e tendo como característica a maior proximidade com o litoral. Ele foi dividido em 2 subclimas, o (IVA) os morros e espigões elevados do Alto Pinheiros e Embú-Guaçu, (IVB) morros e nascentes do Alto

Pinheiros e Embú-Guaçu. O mesoclima IVA possui altitudes que giram entorno de 800 a 850 metros, resultando numa redução da temperatura, sua média varia entre 19,3° a 19,1°C. A subdivisão IV é fragmentado em dois topoclimas, o (IVB1) que consiste nos morros e nascentes e o (IVB2) que se refere ao espelho d'água da represa Billings. Os dois topoclimas tem suas altitudes variando entre 740 (nível da represa) a 800 metros, com relação à temperatura o IVB1 apresenta médias anuais que variam entre 19,6° a 19,3°C e no IVB2 há uma redução na variação, tendo como média anual de 19,4° a 19,3°C. A precipitação nos 2 subclimas é similar e possuem como total anual os valores de 1400 a 1800mm e os máximos em 24 horas oscilam entre 200 a 400mm.

O quinto e último clima natural defino por Tarifa e Armani é o Clima Tropical Oceânico Super-úmido da fachada Oriental do Planalto Atlântico (V), este clima é subdividida em três mesoclimas, o (VA) serras e altos espigões da Fachada Oriental do Planalto Atlântico, (VB) morros, serras e escarpas do Alto Capivari-Monos e o (VC) escarpa oriental do Planalto Atlântico (Serra do Mar). Os 3 mesoclimas têm como característica a influência oceânica. A unidade (VA) possui altitudes entorno de 800 a 850 metros, e devido ao relevo há a redução dos valores de temperatura, as médias anuais são de 19,3° a 19,1°C. A segunda subunidade é a (VB) apresentam altitudes mais amenizadas variando entre 740 a 800 metros, suas médias anuais de temperatura são de 19,6° a 19,3°C. Na terceira (VC) há a presença de altitudes da baixada litorânea e do topo da escarpa, oscilando entre 50 a 740 metros, as temperaturas são 22,4° a 19,6°C de média anual. Em todos os mesoclimas à forte influência oceânica propicia a instabilidade atmosférica, os totais anuais são de 1600 a 2100mm, com exceção da escarpa da Serra do Mar (Unidade VC) que variando entre 1800 a 2210mm. Os máximos em 24 horas para todos esses mesoclimas variam entre 300 a 400mm.

Já os *climas urbanos* são produto da interação de atributos atmosféricos e controles climáticos urbanos (uso do solo, fluxo de veículos, densidade populacional, áreas verdes, entre outros). São classificadas em quatro unidades climáticas (Figura 10).

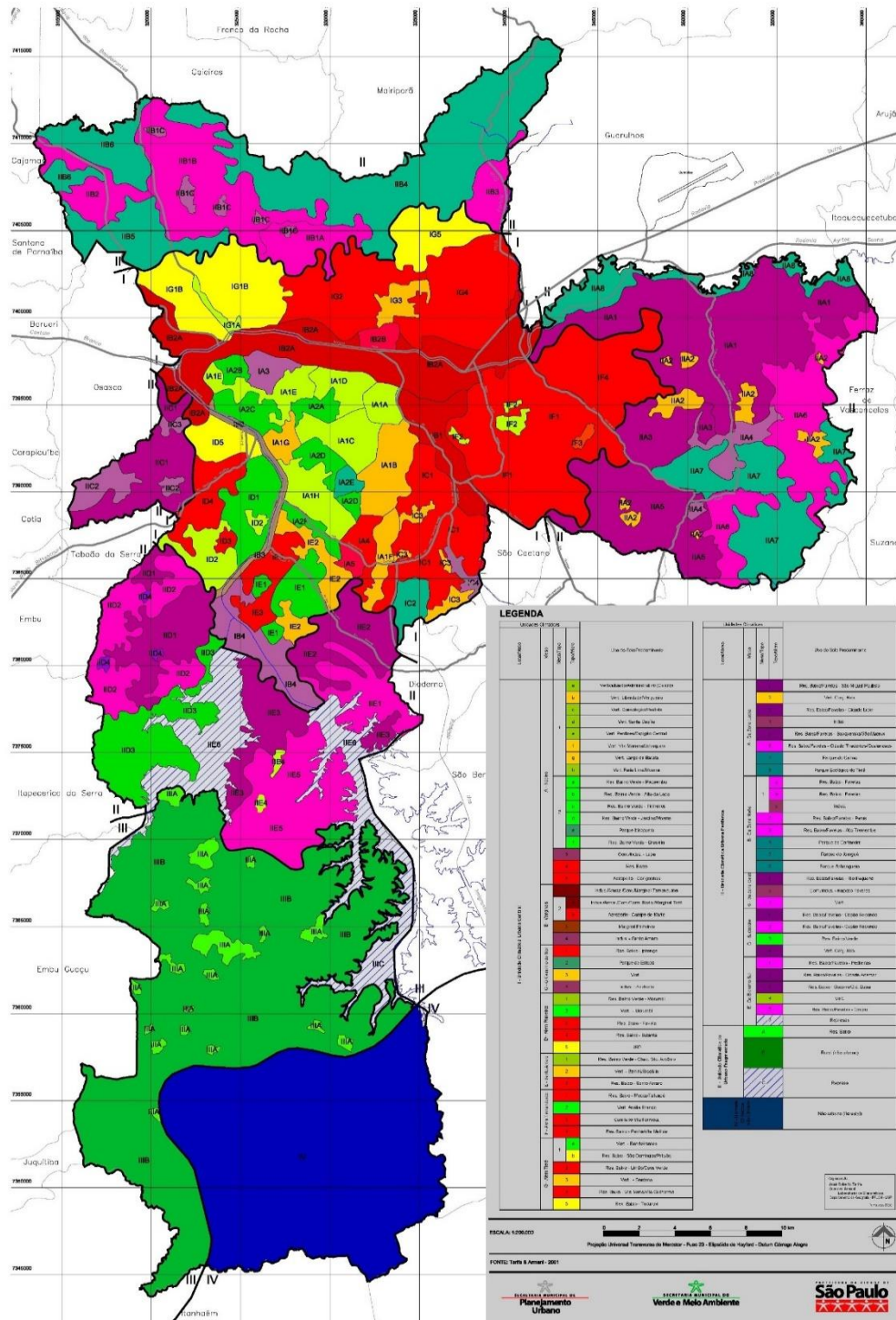


Figura 10 – Climas urbanos do município de São Paulo (TARIFA & ARMANI, 2001).

A primeira unidade climática urbana é a Unidade Climática Urbana Central (I) e está representada no mapa pela letra A, e é dividida em 7 subunidades. Esta unidade é estruturada em um núcleo e se estende para a Zona Sul, passando pela Liberdade, Vila Mariana, até as proximidades com o Parque do Estado. A unidade (I) está presente nas colinas e no espigão central, se estendendo em áreas com grande volume de trânsito que ligam os bairros com a áreas mais central onde se concentra o poder econômico, industrial, comercial e de serviços do município, mais especificamente nos canyons urbanos da Paulista e Faria Lima.

A Unidade climática urbana da periferia (II), tem como principal fator de classificação a presença de habitações mais precárias, ou até mesmo o processo de favelização. São áreas com maior carência em relação à infraestrutura e recursos. Os riscos climáticos dessas áreas estão associados aos danos causados pela população e as consequências sócias desses eventos. Essa unidade está subdividida em 5 subunidades, abrangendo áreas da Zona Leste, distritos das extremidades das Zonas Noroeste e Nordeste, alguns distritos da Zona Oeste (Raposo Tavares, Rio Pequeno e Jaguaré), além de áreas da Zona Sul próximas as Represas Guarapiranga e Billings.

A Unidade climática do urbano fragmentado (III), esta unidade está associada à transição para o rural. As regiões com maior urbanização da unidade são aquelas que acompanham as ligações rodoviárias - estrada de Parelheiros e ferroviárias (CPTM) com Parelheiros e Capela do Socorro. Existem áreas que têm como maior preocupação a expansão da mancha urbana e em outras estão presentes núcleos isolados de urbanização. Há a necessidade de infraestrutura urbana adequada para o escoamento das águas. As temperaturas variam de uma variação entre 25 a 29°C (setembro) e entre 23 a 28°C (abril) dentro desta unidade.

E por fim a quarta que se refere a Unidade climática não urbana, que engloba a áreas florestais.

4. REVISÃO DOS CONHECIMENTOS ANTERIORES

4.1. Breve relato histórico do município de São Paulo

De acordo com Porto (1992), a Vila de São Paulo foi elevada à categoria de município através da Carta Régia de 11 de julho de 1711. No ano de 1751, com o fim do apresamento e descoberta das minas, os recursos financeiros do município passaram a ser mínimos, vários problemas urbanos eram observados como, alinhamentos tortuosos, vias estreitas, falta de calçamento, a topografia determinava as ruas. Nessa época as inundações dos rios e córregos já eram um grande problema, alagando caminhos, estradas e pontes.

Foi na virada do século XIX para XX que São Paulo conseguiu um grande desenvolvimento, graças a conjunção de vários fatores, como lucros vindos do café, localização, ferrovias e a imigração. Com a criação das estações ferroviárias da Luz e do Brás, a urbanização se estendeu a novos bairros e vias. Intervenções públicas no município foram direcionadas para obras de saneamento e infraestrutura, além de projetos de embelezamento nas áreas centrais. (PDE, 2004).

O ano de 1926 foi marcado pelo lançamento de um dos melhores projetos de regularização do Rio Tietê realizado por Saturnino de Brito, marcando um dos princípios do urbanismo moderno: implantação de parques, praças e lagos nas margens dos rios (Custódio, 2004). Segundo o Atlas Ambiental do Município de São Paulo (2002), o estudo de Saturnino de Brito enfatizou as cheias e a importância das várzeas e matas de vertentes como reservatórios naturais. As enchentes, nesta época, começam a afetar áreas urbanizadas, sendo que, uma das mais importantes, ocorreu em 1929 (Figura 11).

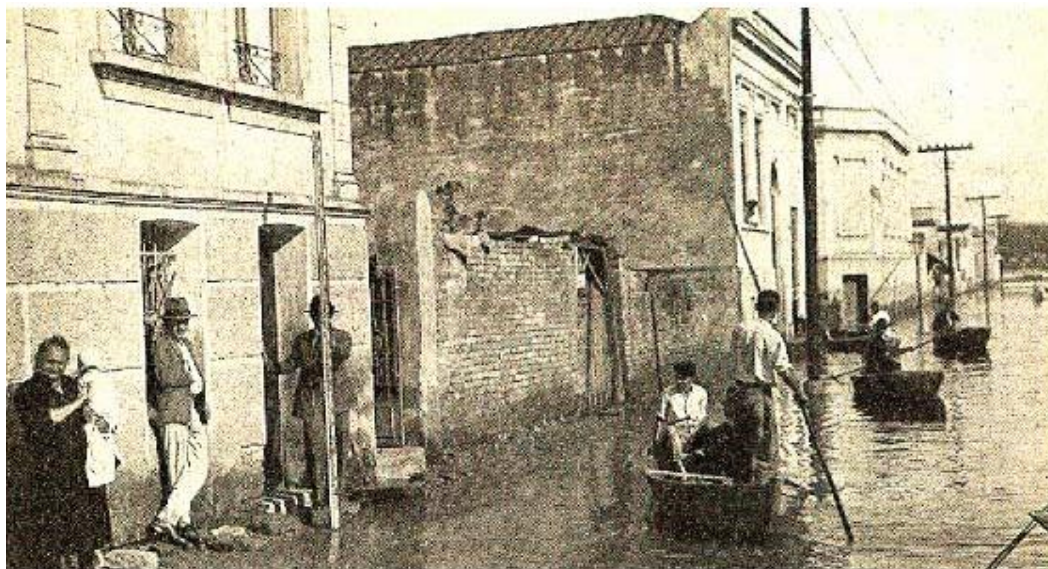


Figura 11– Imagem da grande enchente de 1929, ocorrida no município de São Paulo. Fonte: Atlas Ambiental do Município de São Paulo (2002).

De acordo com Travassos, 2004, até meados do século XIX os rios e córregos podiam ser utilizados independentemente de quaisquer obras de infraestrutura, posteriormente com o crescimento da cidade, foram necessárias intervenções nos regimes hidrológicos para satisfazer uma série de necessidades, como o abastecimento de água, a geração de energia elétrica e a diluição e afastamento de esgotos.

Com a aceleração do desenvolvimento econômico e a chegada de trabalhadores, foi impulsionado o processo de desenvolvimento industrial, e, conseqüentemente, a maior incorporação de terras rurais para fins residenciais. A construção de vias públicas ocorreu de forma não planejada. Esse processo de expansão periférica, causada pelo avanço da industrialização, viabilizou transformações no sistema de transportes a partir dos anos 1930. Nesta mesma década, deu-se a implantação gradual das linhas de ônibus, ampliando-se a acessibilidade e favorecendo a descentralização dos locais de moradia da classe trabalhadora (PDE, 2004).

As avenidas se espalhavam em formato de estrela pelo território urbano, pois o crescimento urbano era circular e, o das avenidas, no sentido radial; logo, os meios de locomoção das vias eram excessivos no centro e escassos nas extremidades (COGEP, 1978). Segundo o PDE (2004), Prestes Maia desenvolveu o primeiro plano urbanístico a propor um conjunto de intervenções visando orientar o crescimento urbano e a circulação de veículos em São Paulo - o Plano de Avenidas de 1930 (Figura 12).

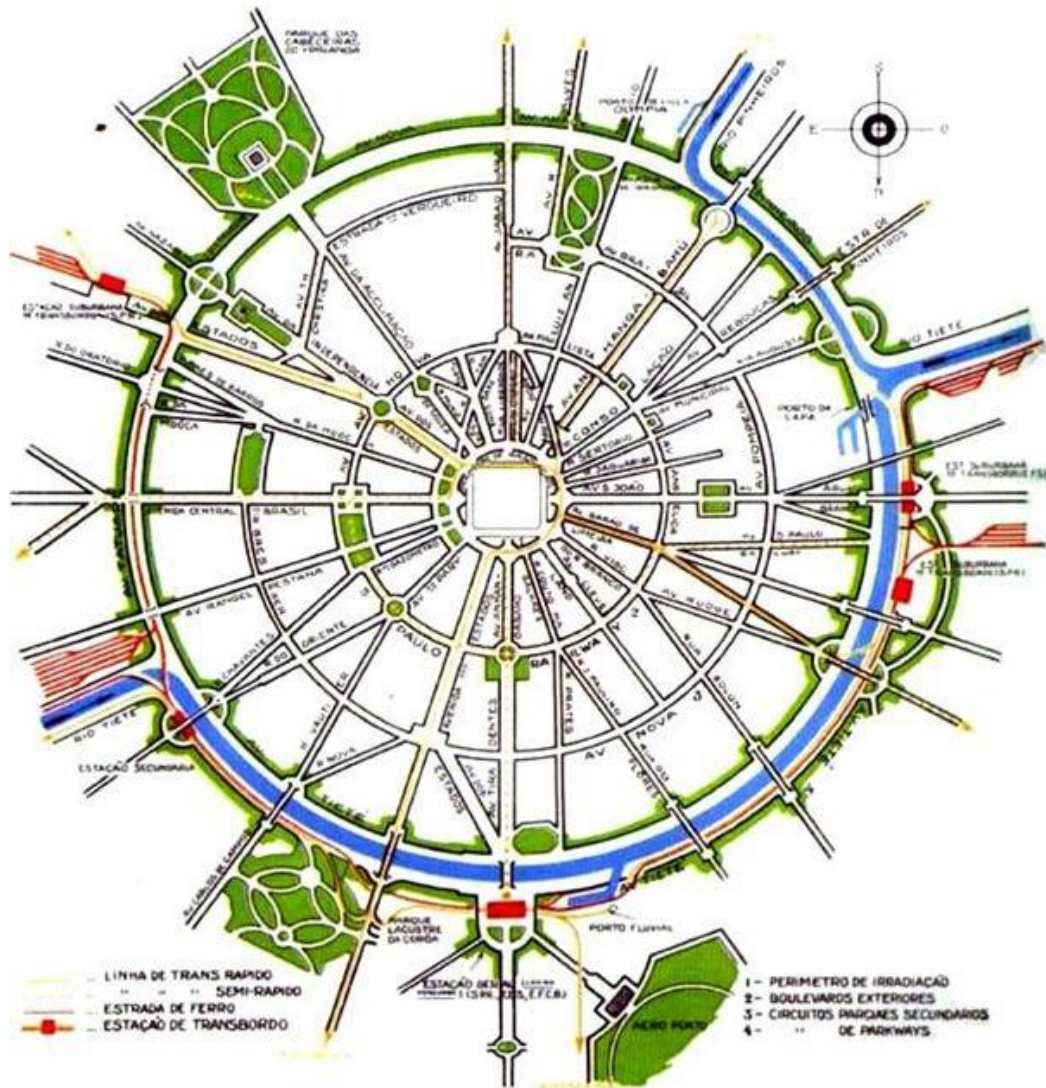


Figura 12 - Planta do plano de avenidas, proposta por Prestes Maia em 1930.
Fonte: Marques (2005).

O Plano das Avenidas foi o primeiro plano urbanístico que considerou o município de São Paulo na sua totalidade, na tentativa de remodelar a malha urbana e promover o crescimento ordenado. O plano teve como principais obras teóricas a de Hinard - baseada no perímetro de irradiação na qual as vias de expansão se convergem no núcleo central - e a de Stubben, que diz respeito ao sistema radial perimetral, ou seja, as principais vias são radiais e ligam o centro com a periferia (LAZARINI & BRESCIANI, 2008). O Plano consistia em adotar o modelo radial-perimetral formando basicamente três circuitos. O primeiro é composto pelo Perímetro de Irradiação; o segundo, pelas vias férreas transferidas para as marginais e, os antigos leitos transformados em avenidas; o terceiro refere-se ao circuito de *parkways*, formado pelas vias marginais Tietê e Pinheiros. (CUSTÓDIO, 2004)

“O Plano de Avenidas, por atender aos interesses do mercado imobiliário e da indústria automobilística, teve ampla sustentação e por isso desencadeou ações que vieram reforça-lo” (QUEIROZ & SOMEKH, 2003, p.117)

Após as obras de instalação de infraestruturas urbanas, as várzeas dos principais rios do município de São Paulo foram sendo ocupadas, principalmente pelos sistemas de vias e pelos processos de retificação dos rios, tornando assim um espaço de circulação. A urbanização em São Paulo revela que a localização de avenidas nos fundos de vale se tornou uma prática recorrente, apesar de serem concebidas nos anos 50, se tornaram funcionais apenas em 70 após a finalização das marginais. Algumas das avenidas envolvidas nessa fase são: avenida dos Bandeirantes, Pacaembu, Aricanduva, Luis Inácio de Anhaia Melo, Roque Petroni Jr. e Pirajussara. (TRAVASSOS & GROSTEIN, 2003)

Pode ser observado a localização de avenidas de fundo de vale no município de São Paulo na figura 13

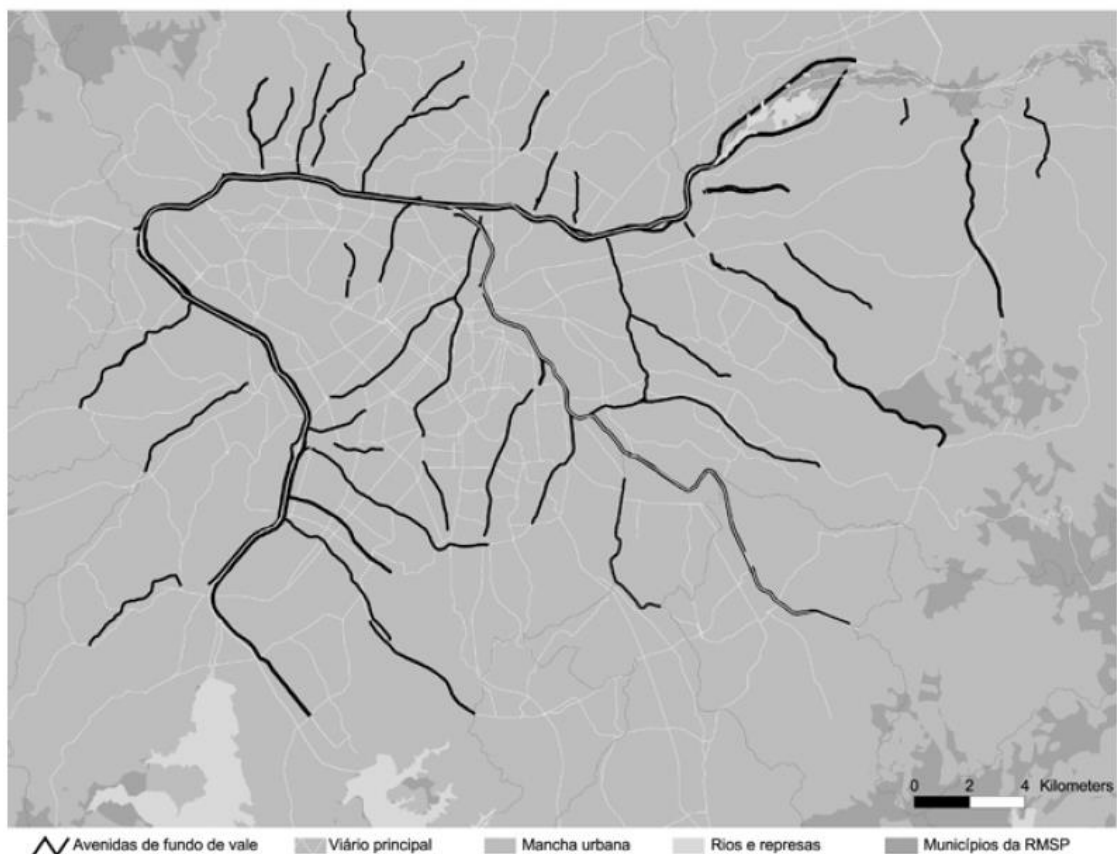


Figura 13 - Avenidas de fundo de vale contidas nos diversos planos viários para a cidade de São Paulo. Fonte: Travassos & Grostein, 2003.

De acordo com o Atlas Ambiental do Município de São Paulo (2002), as obras de retificação do rio Pinheiros foram realizadas com o intuito de aproveitamento hidroelétrico através da transposição de suas águas e dos complexos de barragens do Rio Grande e do Rio Guarapiranga. Ambas as obras de retificação, Tietê e Pinheiros, tinham como objetivo melhorias de diversos fatores, mas com o tempo muitos dos objetivos foram insuficientes ou equivocados. Com tantas mudanças na cidade e, principalmente nos cursos d'água, a paisagem urbana com rios meandantes e suaves colinas foi substituída por rios retilíneos encaixados em extensas planícies de inundação e terrenos mais acidentados e distantes.

Em 1930 a Prefeitura solicitou a elaboração do Mapa Topográfico do Município de São Paulo, o que foi feito pela empresa SARA BRASIL S/A nas escalas 1:20.000 e 1:5.000, pelo método Nistri de aerofotogrametria. O material resultante foi de excelente qualidade, sendo utilizado como base para os futuros projetos urbanísticos (CUSTÓDIO, 2004)

Analisando-se as figuras 14 e 15 - respectivamente as plantas de 1919 e 1951 – pode-se observar os efeitos espaciais provocados pela implantação do Plano de Avenidas de 1930, na morfologia urbana e na expansão direcional da incorporação das terras.

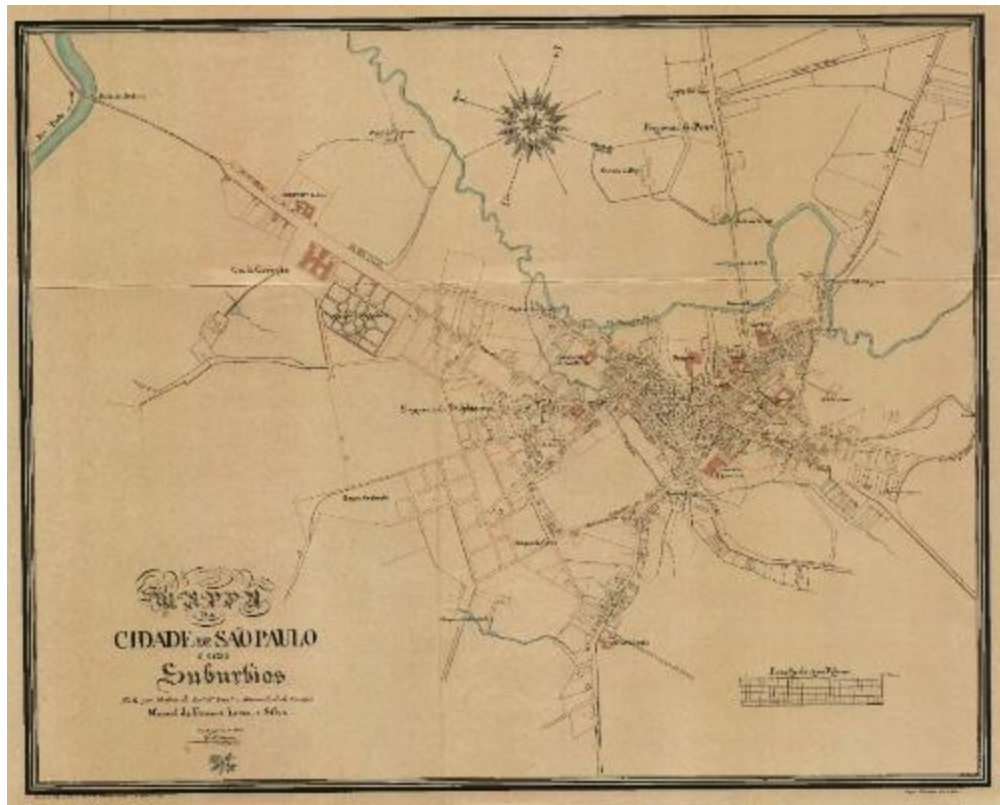


Figura 14 - Planta da cidade de São Paulo em 1919. Fonte: Geosampa (2016).

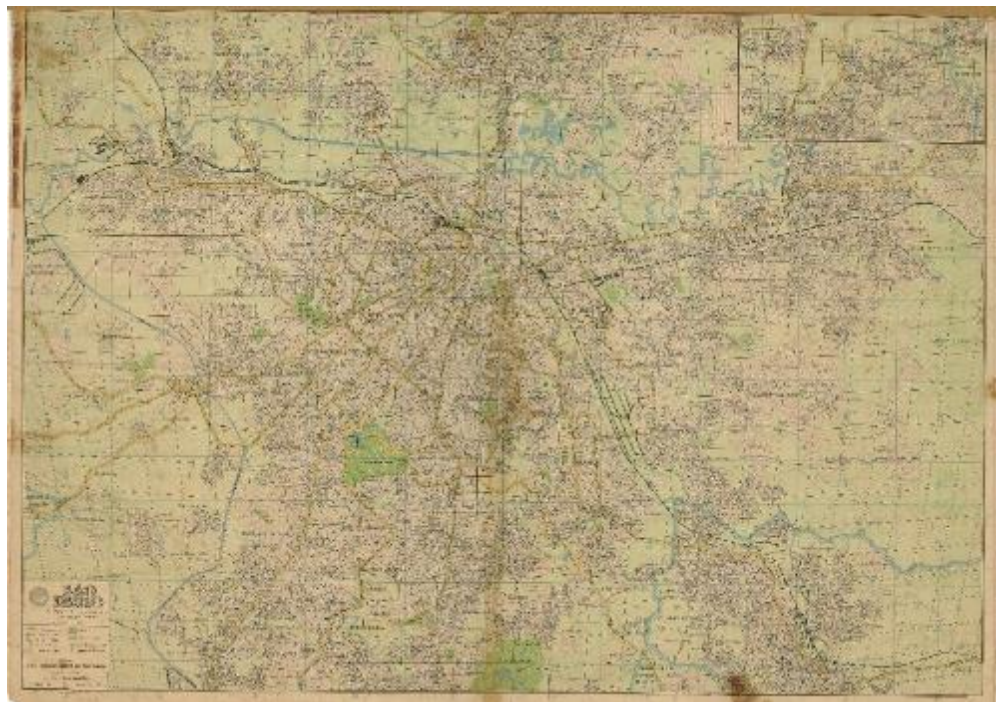


Figura 15 - Planta da cidade de São Paulo em 1951. Fonte: Prefeitura de São Paulo – Histórico Demográfico do Município de São Paulo (2016).

4.2. Eventos hidrológicos e sua ação no espaço urbano

Com o crescimento desordenado das cidades surge intenso processo de disputa territorial e, conseqüentemente, problemas socioeconômicos e socioambientais associados, principalmente em relação à população, que passa a ocupar áreas propícias à ocorrência de problemas urbanos e ambientais.

Há o desequilíbrio natural dos cursos d'água em relação às cheias quando a área de várzea de córregos e rios é ocupada pela construção de avenidas marginais, loteamentos ou assentamentos informais. Isso ocorre pela transformação no uso das margens, antes com a presença da mata ciliar e depois pela ocupação urbana, resultando em ocupação imprópria e de alto risco. Observa-se também a crescente impermeabilização das áreas urbanas e a insuficiência de áreas verdes e redução das áreas de infiltração, tanto junto às edificações, como na forma de um sistema que percorra toda a cidade (AMORIM & CORDEIRO, 2004).

Não é possível controlar o aumento do número de ocorrências das inundações severas. Por outro lado, medidas preventivas e mitigadoras devem se tornar mais eficazes e acessíveis, objetivando diminuir os danos e o número de pessoas afetadas (GOERL et al. 2012, p. 82).

De acordo com Maantay & Mesoko (2008), alguns fatores influenciam a vulnerabilidade social a riscos e perdas, dentre eles: acesso limitado às políticas públicas e a recursos tecnológicos e redes sociais; problemas de saúde; crenças e costumes; idade; densidade de infraestrutura. Os principais desastres naturais que ocorrem nas áreas urbanas são os relacionados à questão hídrica - como as enchentes; inundações e os alagamentos - gerados por modificações em ambientes naturais e canais.

Inundações e enchentes são naturais e esperados, são geralmente bem acolhidos em muitas partes do mundo, já que proporcionam solo rico, água e meio de transporte. Contudo, estes eventos, em uma escala inesperada e com uma frequência excessiva, causam danos à vida, à sobrevivência e ao meio ambiente. (IPCC, 2007 apud DANIEL et al, 2012).

De acordo com Mello (2009), Brollo (2010) e Tominaga (2012), *enchente* é a elevação temporária do nível d'água no canal de drenagem em razão do aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal sem extravasar; *inundação* é o transbordamento ou extravasamento das águas de um curso d'água, atingindo a planície de inundação ou área de várzea e leito maior e *alagamento* é o acúmulo momentâneo de água em determinados locais, causado pela

deficiência do sistema de drenagem associada à suavidade topográfica. Estes fenômenos são naturais, mas são classificados como desastres quando causam danos sociais.

Um resumo esquemático dos diferentes eventos é apresentado na figura 16 para facilitar o entendimento dos fenômenos.

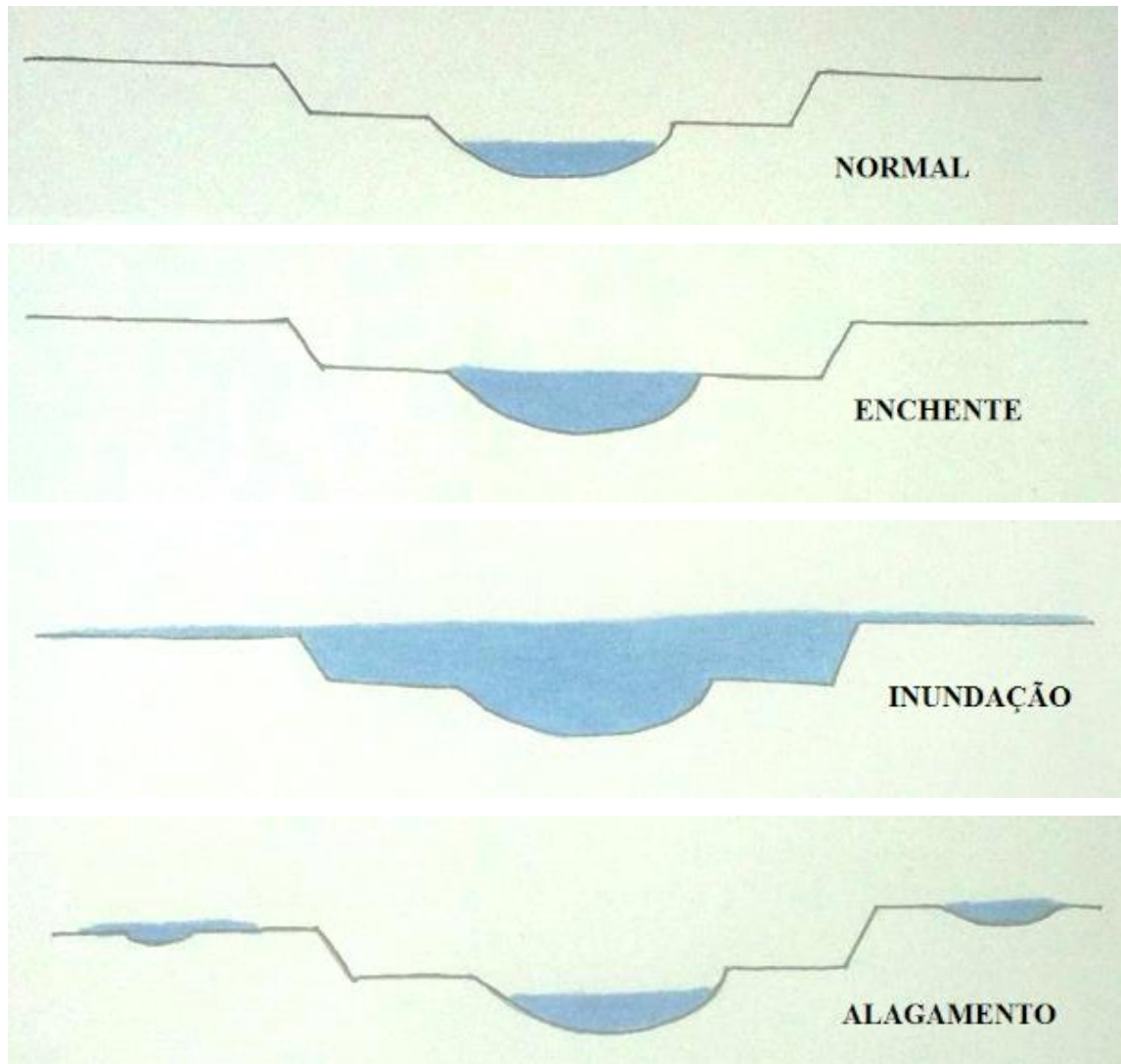


Figura 16 – Diferenciação entre os fenômenos hidrológicos de enchente, inundação e alagamento. Fonte: Elaborada pela autora.

Para Silva (2006), existem dois tipos de medidas para minimizar os danos causados pelas enchentes, inundações e alagamentos: os *estruturais*, que modificam o sistema fluvial e, os *não-estruturais*, que buscam melhorar a convivência da população com estes fenômenos. Segundo Righetto (2009), as ações estruturais estão relacionadas com as obras de captação (bueiros e bocas de lobo), obras de transporte (galerias e canais) e obras de retenção (bacias de retenção, reservatórios de acumulação de águas pluviais, entre outros). Já as medidas não estruturais estão associadas à redução de problemas de drenagem urbana, voltando-se para a conscientização da população, legislação apropriada, fiscalização do uso e ocupação do solo e manutenção regular dos elementos estruturais. Segue a Figura 17 com um croqui dos diferentes constituintes dos corpos d'água e a localização destes no espaço urbano.

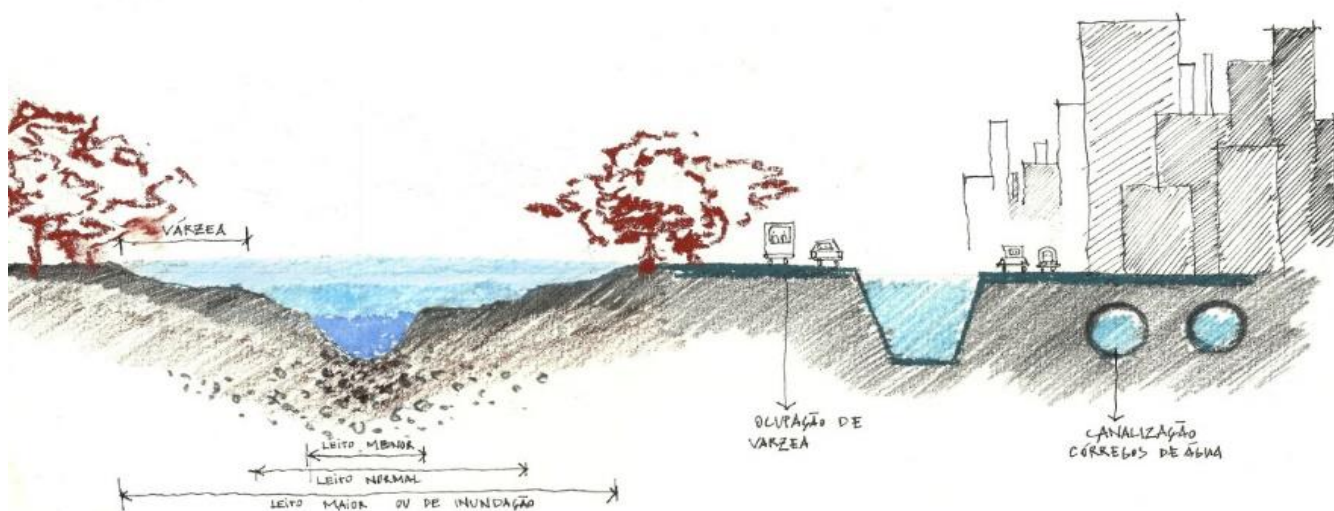


Figura 17 - Esquema de uma planície urbana e os componentes da rede drenagem e curso d'água. Fonte: Martina (2012)

4.3. Estudos internacionais e nacionais sobre eventos hidrológicos

Vários estudos sobre riscos de alagamentos e enchentes têm sido realizados em anos recente, no sentido de buscar conhecimentos para minimização dos danos causados por tais eventos. Chen et al. (2014) estudaram a influência das inundações no setor de mineração na Austrália. Para isso estimaram o risco de inundação em Queensland, por meio de análise multicritérios, para tomada de decisão em escala regional.

O artigo de Yin et al. (2016) apresenta uma análise numérica para avaliar o impacto do desmoronamento de terras no risco de inundação em áreas urbanas. Os autores utilizam um modelo hidrológico e um evento de inundação de 2011, em Shangai, para a calibração e simulação do modelo, gerando um mapa de inundação do centro de Shangai.

Outro estudo nesta temática foi realizado por Kwak et al. (2015), no qual desenvolveram um mapa de risco em nível nacional, estimando os danos na colheita de arroz em áreas de inundação de Bangladesh, por ocasião da grande inundação ocorrida em 2007. Garcia et al. (2015) criaram um sistema de monitoramento de cheias urbanas em tempo real, implantando-o em duas ruas de Manila. Esse sistema consiste em um sensor de pressão de terra e um pluviômetro, conectados a um registrador de dados projetado localmente com recursos de telemetria, utilizando a rede GPRS. Os dados são fornecidos para a população em tempo real e um sistema de alerta.

O artigo de Yang et al (2015) apresentou o projeto de implementação de um sistema de defesa contra inundações, que se conecta com sensores em tempo real, considerando fatores espaciais e temporais para prever o nível de água num período de 6 horas. Segundo Torgersen et al. (2015), nas últimas décadas houve um aumento nas precipitações extremas, o que levou a ocorrência de mais enchentes urbanas. Os autores utilizam como fonte de dados, créditos de seguros de danos causados por chuvas fortes no período de 2006 a 2012, em Fredrikstad, Noruega. Os dados são analisados a partir de alguns componentes como local de ocorrência e danos causados, tendo como base teórica o triângulo de risco, composto pela associação entre exposição, vulnerabilidade e perigo.

O fator mais importante para os eventos hidrológicos que ocorrem no espaço urbano é a intensidade de precipitação, que, quando intensas, favorecem a formação de alagamentos, enchentes e inundações.

A chuva intensa é aquela que apresenta grande lâmina precipitada, durante pequeno intervalo de tempo, sendo que, frequentemente, estas chuvas causam consideráveis prejuízos materiais e humanos (SILVA et al, 2002, p.8).

A Prefeitura de São Paulo, através do Centro de Gerenciamento de Emergências, CGE (2015), classifica as áreas de alagamento de acordo com a transitividade das vias. As *áreas transitáveis* são aquelas em que o acúmulo de água não está presente em todas as pistas da via, portanto, o tráfego de veículos é liberado no local; *áreas intransitáveis* são assim classificadas quando o alagamento se encontra em todas as pistas da via, impedindo

totalmente o trânsito de veículos no local. São *ativos* os alagamentos que permanecem presentes em mais tempo, e *inativos* os eventos já encerrados.

Segundo Oufella & Touaibia (2014) o estabelecimento de uma política de luta e de prevenção contra inundações e alagamentos é uma preocupação dos decisores e de políticas de desenvolvimento, sendo a prevenção, essencial. Inundações e alagamentos são alguns dos problemas urbanos decorrentes de falhas nos sistemas de drenagem pluvial, pois, quando redes de macro e micro drenagens são mal projetadas, tais eventos são recorrentes, tornando a qualidade de vida urbana insatisfatória. O aumento na frequência das inundações e dos alagamentos urbanos nas últimas décadas têm chamado a atenção para a incorporação de ferramentas e medidas preventivas para manutenção e gerenciamento das redes de drenagem (VINAGRE et al., 2015).

Segundo ADASA (2016), os sistemas de drenagem urbana são classificados segundo suas dimensões, em micro drenagem e macrodrenagem. A micro drenagem está relacionada à coleta das águas superficiais ou subterrâneas de pequenas e médias galerias. Já na macrodrenagem são consideradas, além da rede de micro drenagem, as galerias de grande porte e os corpos receptores dessas águas, como rios e canais.

As águas oriundas da precipitação direta desembocam nos sistemas de micro drenagem através de sistemas de captação e, em seguida, formam o escoamento nas tubulações que convergem para a rede de galerias de águas pluviais. O escoamento de fundos de vale, relacionados aos cursos d'água naturais e canais de dimensões maiores, são denominados sistemas de macrodrenagem (RIGHETTO, 2009)

Para o IMAP (2009), a micro drenagem trata-se da drenagem urbana em microescala, na qual envolve o pavimento das ruas, sarjetas, guias, galeria de água pluviais, pequenos canais. Estas estruturas e obras são desenvolvidas para garantir o escoamento de cheias com tempo de recorrência entre 2 e 10 anos. A macrodrenagem, diz respeito à rede de drenagem natural, ou rios e riachos. Conforme o aumento da urbanização e das obras de micro drenagem, a vazão conduzida para a macrodrenagem também aumenta, sendo necessário então intervenções para sua ampliação e manutenção.

Uma das medidas mitigadoras, de baixo custo e alta aplicabilidade, para os desastres hidrológicos, é o mapeamento de áreas de risco. Leumbe et al. (2015) define risco através da fórmula não matemática em que o risco é igual ao perigo versus a vulnerabilidade. Perigo é composto de elementos naturais do ambiente que, quando combinados, podem contribuir para o perigo e a vulnerabilidade, propiciando a ocorrência de danos físicos ao cidadão, ou em relação à sua propriedade.

Risco, de acordo com Goerl (2012), “é a probabilidade de consequências prejudiciais ou perda (econômicas, sociais ou ambientais) resultantes da interação entre perigos naturais e os sistemas humanos. Resulta de interações entre um perigo natural e as condições de vulnerabilidade local (FREIRIA, 2009). Para Avila & Robaina (2013), o perigo está relacionado à ocorrência de processos ou fenômenos da biosfera, podendo ser um evento danoso e modificado pela atividade humana. A suscetibilidade é utilizada para designar as áreas que apresentam naturalmente as características desencadeadoras de algum tipo de desastre; vulnerabilidade é parte do perigo, e risco refere-se a susceptibilidade de pessoas, comunidades ou regiões aos riscos naturais ou tecnológicos (KUMPULAINEN, 2006). A Figura 18 retrata de forma esquemática as definições.

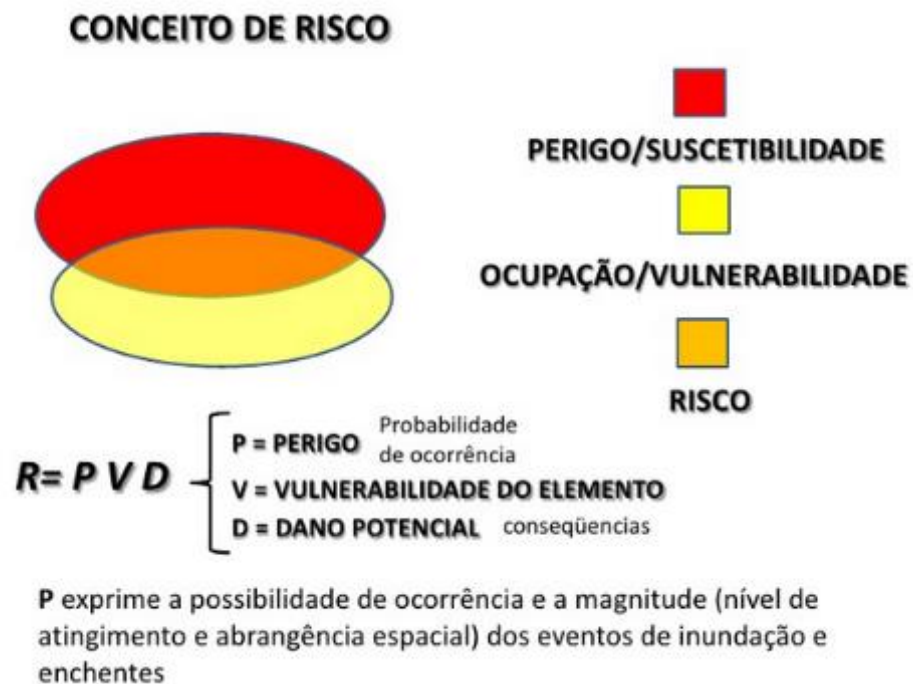


Figura 18 - Diagrama conceitual de risco, susceptibilidade e vulnerabilidade. Fonte: Ribeiro e Leal (2012).

O mapeamento de áreas de risco de inundação e alagamento é um instrumento importante para prevenção, controle e gestão dos eventos hidrológicos extremos. “A cartografia assume um papel importante na gestão do risco, pois através dela, é possível elaborar-se mapas associando os conhecimentos físico, ambientais e sociais, que interferem na dinâmica das inundações” (HORA & GOMES, 2001, p.61). No estado de São Paulo, a Lei nº13.798/2009 estabelece as diretrizes a serem adotadas pelo governo para adaptação às mudanças climáticas e o desenvolvimento sustentável, com o auxílio de instrumentos como os

zoneamentos econômico-ecológicos (ZEE) e os mapas de risco (ANDRADE et al. 2012).

De acordo com Sharma et al. (2012), a inundação é um desastre que afeta social e economicamente milhões de pessoas todo ano. Na Índia, os autores realizaram uma pesquisa onde foi produzido o mapeamento de risco de inundação, por meio de imagens multitemporais de satélites, no período de 10 anos. Foram classificadas áreas, de acordo com a frequência e associando com a infraestrutura e uso do solo de cada área, gerando um mapa final com o grau de perigo de cada parte da região estudada.

Além deles, outros trabalhos foram feitos nessa temática de mapa de risco hidrológico; utilização de SIG e análise espacial. Por exemplo o trabalho de Cooper e Opadeyi (2006) utilizam tipos de solo, uso e cobertura da terra, além de dados de precipitação e modelo digital de elevação, para geração do mapa de risco de inundação em Grenada, América Central. O mapa está dividido em duas seções, sendo a primeira, o detalhamento da localização das zonas de perigo de inundação (alto, médio e baixo) para o ser humano e sendo representado também os assentamentos, a rede de estradas e a rede hidrográfica. Já a segunda fornece informações sobre o mapeamento e sua utilização.

Outro projeto realizado é o e-atlas de risco de desastres, sendo um dos capítulos destinado ao risco de inundação. Este projeto foi desenvolvido com a metodologia de Morjani (2011) da Ibn Zohr University of Aganir, Marrocos, e aplicado em 22 países da região do mediterrâneo oriental, 46 países da região africana e 32 países da Europa Central. A metodologia utilizada para a distribuição espacial das áreas de perigo de inundação é através da combinação da extensão da inundação em eventos passados e a distribuição dos fatores causais.

Dawod et al (2011) também realizaram o mapeamento de áreas de risco de inundação, em Meca, Arábia Saudita, no qual é utilizado o SIG para quantificar e mapear espacialmente as características da inundação através da integração de conjuntos de dados sendo o DEM (modelo digital de elevação), geologia, solo, uso e cobertura, dados de pluviosidade de 50 anos e, o período de retorno de chuvas intensas. O método usado é o número de curva (CN), no qual utiliza informações geológicas para atribuir um valor único CN para cada área, o que é ainda aplicado para estimar a intensidade de escoamento superficial e a magnitude do pico de descarga

O FRIS (*Flood Risk Information System*) consiste em um programa estadual de mapeamento geoespacial de risco de inundação criado em 2012, na Carolina do Norte, e posteriormente aplicado na Virgínia e Alabama, EUA. Está disponível na internet para acesso da população através da localização desejada. Seu banco de dados é composto por um

conjunto de dados espaciais e tabulares possuindo opções de camadas de visualização e classificação de zonas de acordo com o risco de inundação. Os produtos oferecidos são camadas superficiais de água em 3D para fornecer a elevação da inundação de vários períodos de retorno de eventos; a possibilidade dos usuários ampliarem e imprimirem Tabelas e relatórios da área de interesse; além de adquirirem informações sobre a profundidade da inundação e a estimativa dos danos. Para usuários mais específicos é possível adquirir dados de modelagem geoespacial, metodologias utilizadas, mapas, avaliação dos riscos e relatórios. O programa disponibiliza dados de elevação, hidráulicos e hidrológicos.

A Europa também possui programas de mapeamento de inundação em vários países como o programa *Flood Information System* que tem como foco o mapeamento de risco de inundação na Alemanha, Romênia, Bulgária, Espanha e França, fazendo várias classificações dos eventos e da ocorrência espacial. O programa teve início em janeiro de 2009 e terminou em março de 2012. Os produtos oferecidos são mapas de eventos passados, mapas de perigos de inundação e mapas de risco de inundação, disponíveis em plataforma *online*. Os mapas de perigo mostram extensão e profundidade com fluxo, direção e velocidade. Já os de risco mostram as possíveis consequências adversas (danos) associada às inundações com termos de valores monetários e a quantidade de população a ser afetada ou em risco de vida.

Já no Brasil, no município de São Paulo, foi criado o *Crowdmap*, um programa realizado pelo Departamento de Engenharia de transportes da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, que teve seu funcionamento restrito ao período de agosto de 2012 a novembro de 2013, com um total de 83 pontos de alagamento georreferenciados. Estes pontos eram mapeados e classificados como intransitáveis, transitáveis, inativos, obtidos por meio de relatos da população enviados como mensagens de celular, e-mail, redes sociais e pelo formulário disponível no site. O mapa utilizava como base cartográfica o Google Earth. Há a possibilidade de acessar os relatos já realizados desde a criação do programa, além de criar um perfil para controle dos relatos já enviados pelo usuário e recebimento de alerta em um raio de 20 km da localização cadastrada, como pode ser visto na Figura 19.

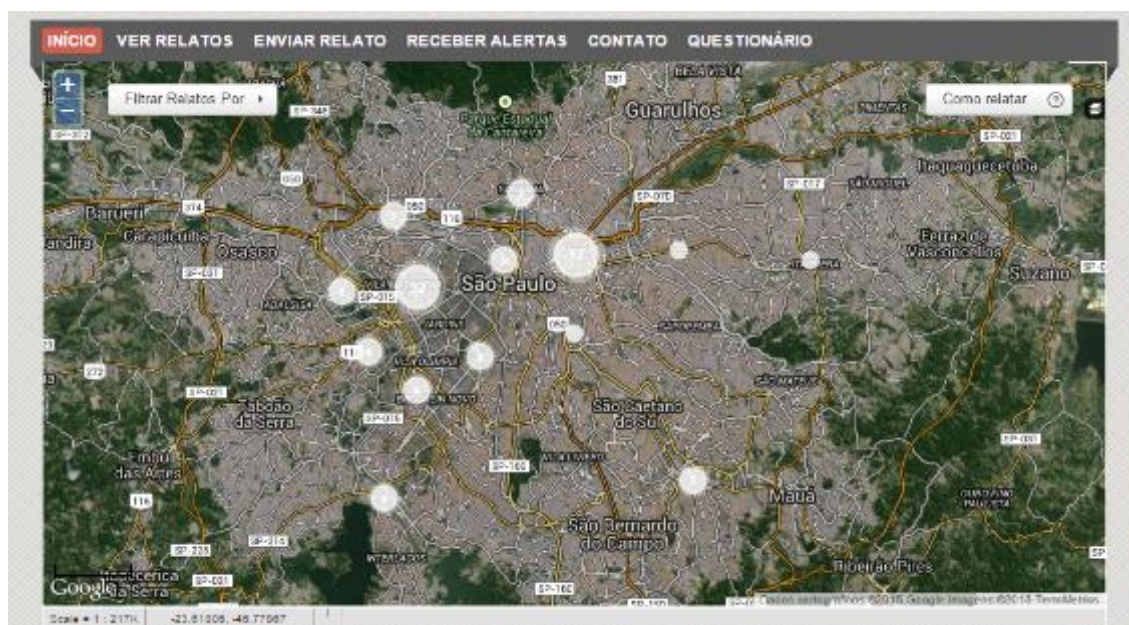


Figura 19 – Cópia, no formato *print screen*, do mapa de ocorrências de alagamentos fornecido pelo programa *Crowdmap*. Fonte: Crowdmap (2014).

Os dados do *Crowdmap* (Tabela 2) foram disponibilizados de forma cronológica de ocorrência, cuja visualização é realizada na base do Google Earth. A partir da Tabela 2 completa, foi elaborado o mapa da distribuição dos pontos de alagamento por distritos da capital (Figura 20)

Tabela 2 - Extrato da planilha de pontos de alagamento do *Crowdmap*. Adaptado de Crowdmap (2014).

Ponto	Lat S	Long W	ΔT_{al}	I_{tr}/T_r	T_0	Data
1	23,545634	46,734331	01:43	1	16:54	11/08/2012
2	23,622309	46,684438	04:28	1	13:10	23/10/2012
3	23,660381	46,704728	00:01	1	06:21	23/10/2012
4	23,513805	46,703537	00:48	1	18:52	27/10/2012
5	23,532614	46,657689	03:15	1	18:37	27/10/2012
6	23,512677	46,702952	01:34	1	18:05	27/10/2012
7	23,529799	46,677535	00:11	1	18:33	27/10/2012
8	23,522772	46,691569	01:09	1	18:42	27/10/2012
9	23,51304	46,703126	00:51	1	18:49	27/10/2012

ΔT_{al} – Tempo de duração do alagamento (hora final – hora inicial).

I_{tr}/T_r – Tipo de transitividade da via: Intransitável (0), Transitável (1).

T_0 - Horário de início do alagamento.

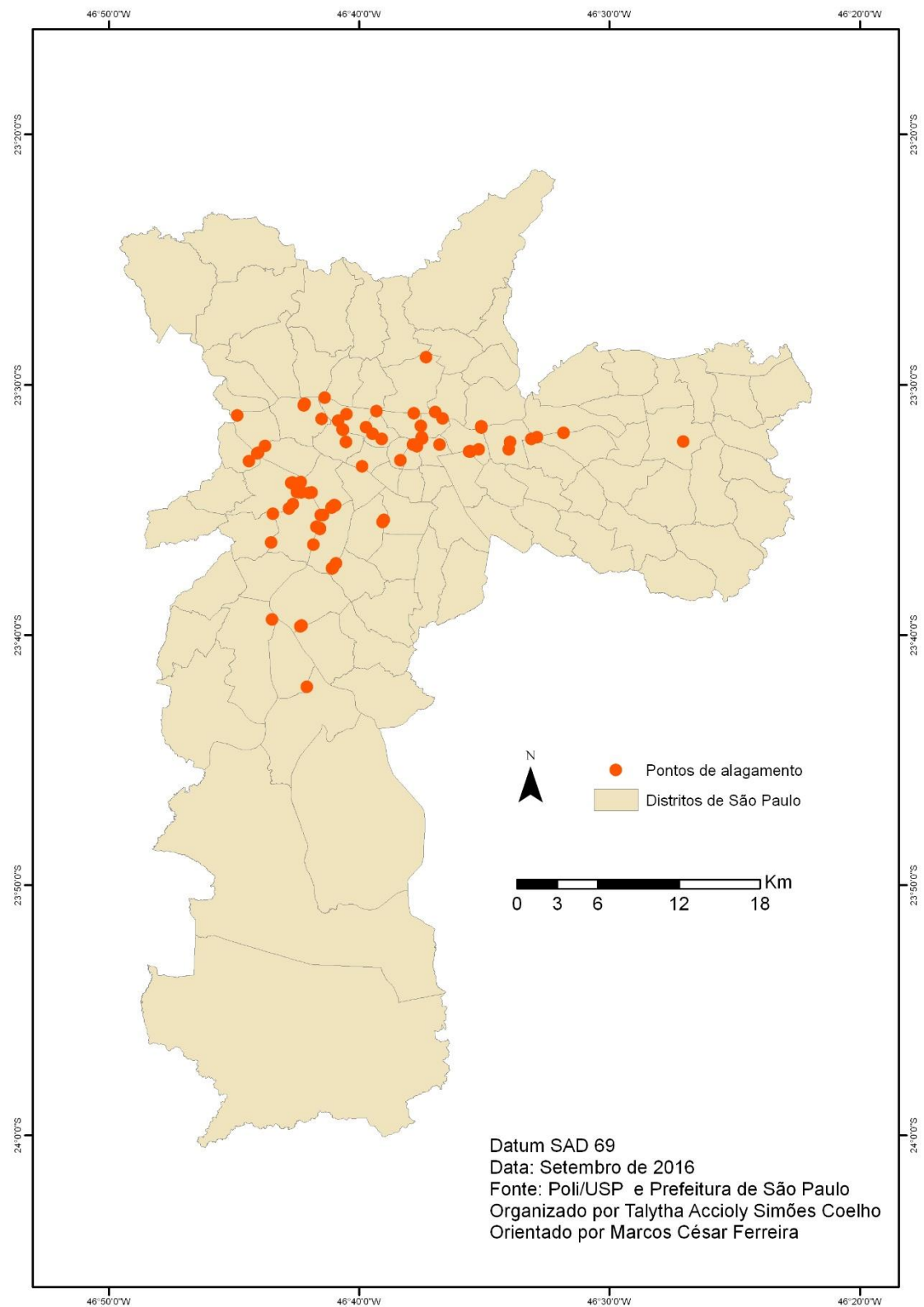


Figura 20 - Mapa de pontos de alagamento no município de São Paulo obtidos com base nos registros do *Crowdmap* (2012 e 2013). Fonte: Adaptado de *Crowdmap* (2014).

No Quadro 2 é apresentado uma síntese dos programas de mapeamento de alagamento já realizados em diversos países do mundo.

Quadro 2 - Alguns programas de mapeamento de pontos de alagamento realizados no mundo.

Programa	País	Data de criação	Responsável	Características
FRIS (Flood Risk Information System)	EUA (Alabama, Carolina do Norte e Virgínia)	2012	National Climatic Data Center	Dados de inundação e cálculo do grau de risco de inundação nos municípios, classificado em zonas de risco.
Flood Hazard Mapping	Canadá (Alberta)	1995	Alberta Environment and Sustainable Resource Development	Mapeamento de perigo de inundação delineando as áreas de risco ao longo de córregos e lagos
Flood Information System	Alemanha, Romênia, Bulgária, Espanha e França	2009	GMES (Global Monitoring for Environment and Security)	Um programa baseado em layers (Flood Event Map; Flood Hazard Map e Flood Risk Map) compondo um mapa de risco de inundação
Flood Map for Planning (Rivers and Sea)	Inglaterra	2013	Environment Agency in Wales	Mapa que classifica as zonas de inundação e áreas que já possuem sistema de defesa, além de sistema de alerta para a população
Pontos de Alagamento (Crowdmap)	Brasil (S.Paulo)	2012	Poli/USP	Mapa geoespacial dinâmico construído através de relatos da população, sobre localização de pontos de alagamento em São Paulo disponível na internet

4.4. O uso da análise espacial

A análise espacial é uma ferramenta muito útil para traduzir os padrões existentes nos fenômenos. Segundo Câmara et al (2004, p. 4), “a análise espacial é composta por um conjunto de procedimentos encadeados cuja finalidade é a escolha de um modelo inferencial, que considere, explicitamente, o relacionamento espacial presente no fenômeno”, no qual a disponibilidade de SIG de baixo custo e interfaces amigáveis permitem a visualização espacial de variáveis, tornando cada vez mais comum os estudos espaciais.

“Em análise geoespacial, os pontos não devem ser considerados apenas como instâncias geométricas posicionadas e isoladas, mas, sobretudo, como a estrutura mínima de um conjunto espacialmente distribuído – que tem forma e densidade ao qual denominamos arranjo espacial. Um arranjo espacial de pontos que representam objetos geográficos pode revelar o grau de organização espacial da paisagem” (FERREIRA, 2014, p.120)

Segundo Câmara & Carvalho (2002) o principal fator é analisar padrões de distribuição de pontos e identificar se esses eventos possuem algum padrão sistemático ou se a distribuição é aleatória. A detecção da existência de um padrão conglomerado espacial, cluster, é a ocorrência de um número elevado de casos localizados próximos (distribuição estocástica – processo Poisson). Caso o padrão de distribuição pontual apresenta desvios significativos do comportamento esperado para a distribuição Poisson, portanto tem indício de uma distribuição espacial não aleatória, favorecendo o questionamento e a vontade de ter como objeto de análise.

Inicialmente, foi realizado o levantamento dos dados espaciais utilizados na pesquisa. Os dados sobre alagamentos, representados na cor vermelha do fluxograma, foram obtidos no Centro de Gerenciamento de Emergências da Prefeitura de São Paulo, órgão responsável pelo monitoramento das condições meteorológicas no município há mais de 12 anos. Os dados solicitados ao CGE, para a realização da pesquisa, são referem-se a registros diários realizados entre 2008 e 2013, disponíveis por meio de planilha contendo as seguintes informações: endereço de localização do ponto; ponto de referência próximo ao ponto; data da ocorrência; horários de início e fim do evento e situação da transitividade da via (Quadro 3).

Quadro 3 - Extrato da planilha com informações sobre pontos de alagamento, fornecida pelo Centro de Gerenciamento de Emergências da Prefeitura de São Paulo. Fonte: adaptado de CGE (2015).

Data	Local	Referência	Início	Fim	Situação
06-jan-11	31 de março, Vd.	Glicério, Vd. Do	1:47	6:07	Transitável
21-fev-08	Abauna, r.	Euclides	19:31	20:29	Transitável
		Pinheiro, Trav.			
08-fev-13	Abauna, r.	Tancredo neves, av. Pres.	17:46	18:56	Intransitável
26-jan-09	Abauna, r.	Tancredo neves, av. Pres.	18:13	19:01	Transitável
28-set-10	Abegoaria, r.	Cipriano Juca, r.	6:52		Transitável
11-abr-12	Abegoaria, r.	Heitor Penteado, r.	16:12	17:39	Transitável
23-fev-09	Abegoaria, r.	João Moura, r.	16:01	19:12	Transitável
19-jan-12	Abegoaria, r.	João Moura, r.	20:57	22:47	Transitável
22-dez-10	Abegoaria, r.	João Moura, r.	15:55	16:36	Transitável
10-jan-11	Abegoaria, r.	Oliveira	23:00	23:43	Intransitável
		Alvares, pç. Gal.			
13-mar-08	Abel Ferreira, av.	Analia Franco, r.	15:00	15:52	Transitável
24-jul-09	Abilio Soares, r.	Cubatão, r.	9:38	17:15	Transitável

Os originais da planilha foram reorganizados em ordem cronológica dos eventos e georreferenciados por meio do arquivo vetorial dos logradouros do município de São Paulo, utilizando-se a plataforma do Google Earth e o ArcGIS Network Analyst (Figuras 22, 23 e 24).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	21-000-00	ABRÃO, R.	CHAGAS SANTOS, R. GEN.	AMBOS	19:31	20:20	TRANSITÁVEL	IP	-23,622335	-46,627554	
2	21-000-00	ABRÃO, R.	CHAGAS SANTOS, R. GEN.	AMBOS	19:31	20:20	TRANSITÁVEL	IP	-23,622335	-46,627554	
3	21-000-00	ABRÃO, R.	CHAGAS SANTOS, R. GEN.	AMBOS	19:31	20:20	TRANSITÁVEL	IP	-23,622335	-46,627554	
4	21-000-00	ABRÃO, R.	CHAGAS SANTOS, R. GEN.	AMBOS	19:31	20:20	TRANSITÁVEL	IP	-23,622335	-46,627554	
5	21-000-00	ABRÃO, R.	CHAGAS SANTOS, R. GEN.	AMBOS	19:31	20:20	TRANSITÁVEL	IP	-23,622335	-46,627554	
6	21-000-00	ABRÃO, R.	CHAGAS SANTOS, R. GEN.	AMBOS	19:31	20:20	TRANSITÁVEL	IP	-23,622335	-46,627554	
7	21-000-00	ABRÃO, R.	CHAGAS SANTOS, R. GEN.	AMBOS	19:31	20:20	TRANSITÁVEL	IP	-23,622335	-46,627554	
8	21-000-00	ABRÃO, R.	CHAGAS SANTOS, R. GEN.	AMBOS	19:31	20:20	TRANSITÁVEL	IP	-23,622335	-46,627554	
9	21-000-00	ABRÃO, R.	CHAGAS SANTOS, R. GEN.	AMBOS	19:31	20:20	TRANSITÁVEL	IP	-23,622335	-46,627554	
10	21-000-00	ABRÃO, R.	CHAGAS SANTOS, R. GEN.	AMBOS	19:31	20:20	TRANSITÁVEL	IP	-23,622335	-46,627554	
11	21-000-00	ABRÃO, R.	CHAGAS SANTOS, R. GEN.	AMBOS	19:31	20:20	TRANSITÁVEL	IP	-23,622335	-46,627554	
12	21-000-00	ABRÃO, R.	CHAGAS SANTOS, R. GEN.	AMBOS	19:31	20:20	TRANSITÁVEL	IP	-23,622335	-46,627554	
13	21-000-00	ABRÃO, R.	CHAGAS SANTOS, R. GEN.	AMBOS	19:31	20:20	TRANSITÁVEL	IP	-23,622335	-46,627554	
14	21-000-00	ABRÃO, R.	CHAGAS SANTOS, R. GEN.	AMBOS	19:31	20:20	TRANSITÁVEL	IP	-23,622335	-46,627554	
15	21-000-00	ABRÃO, R.	CHAGAS SANTOS, R. GEN.	AMBOS	19:31	20:20	TRANSITÁVEL	IP	-23,622335	-46,627554	
16	21-000-00	ABRÃO, R.	CHAGAS SANTOS, R. GEN.	AMBOS	19:31	20:20	TRANSITÁVEL	IP	-23,622335	-46,627554	
17	21-000-00	ABRÃO, R.	CHAGAS SANTOS, R. GEN.	AMBOS	19:31	20:20	TRANSITÁVEL	IP	-23,622335	-46,627554	
18	21-000-00	ABRÃO, R.	CHAGAS SANTOS, R. GEN.	AMBOS	19:31	20:20	TRANSITÁVEL	IP	-23,622335	-46,627554	
19	21-000-00	ABRÃO, R.	CHAGAS SANTOS, R. GEN.	AMBOS	19:31	20:20	TRANSITÁVEL	IP	-23,622335	-46,627554	
20	21-000-00	ABRÃO, R.	CHAGAS SANTOS, R. GEN.	AMBOS	19:31	20:20	TRANSITÁVEL	IP	-23,622335	-46,627554	
21	21-000-00	ABRÃO, R.	CHAGAS SANTOS, R. GEN.	AMBOS	19:31	20:20	TRANSITÁVEL	IP	-23,622335	-46,627554	

Figura 22 – Destaque de um registro alagamento no município de São Paulo, fornecido originalmente pelo CGE. Fonte: adaptado de CGE (2012).

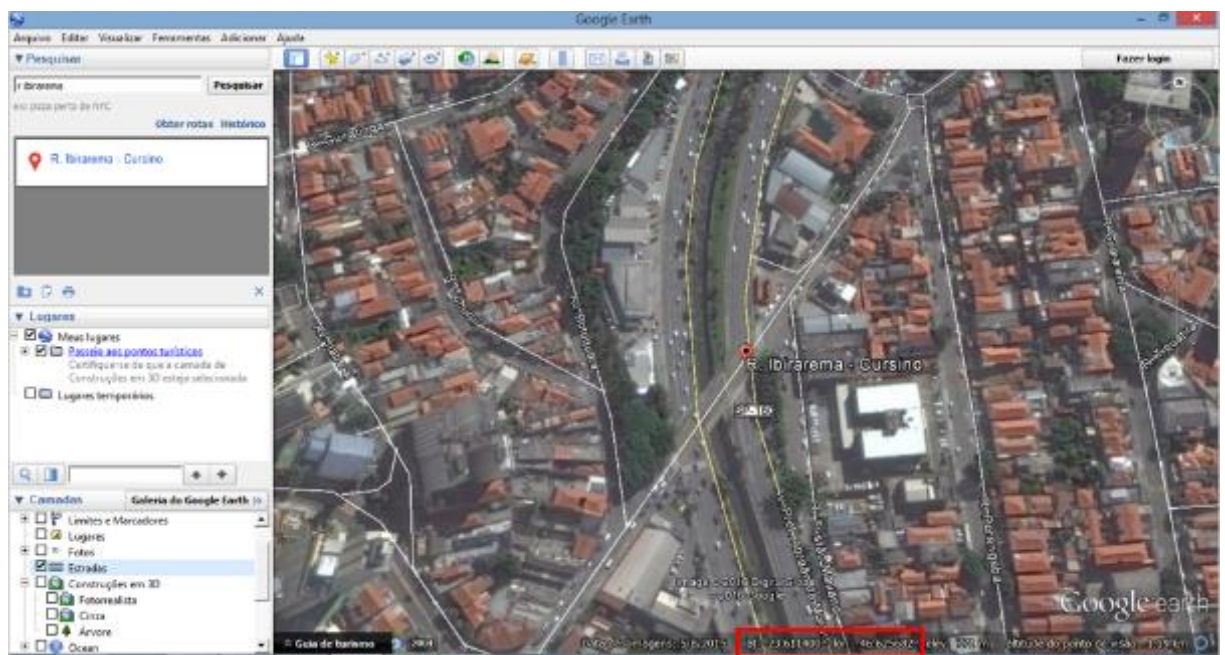


Figura 23 – Processo de obtenção das coordenadas geográficas do ponto de alagamento destacado na Figura 22, por meio de imagem do Google Earth. Fonte: modificado de Google Earth (2015).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	21-fev-DE ABRAÃO, R.	EUCLEDES PINHEIRO, TRAV.	BRIG/ANCH	19:51	20:29	TRANSITÁVEL	IP	-23,605855	-46,686235		
2	31-mar-DE ABEL FERREIRA, AV. VER.	ANALIA FRANCO, R.	B/C	15:00	15:52	TRANSITÁVEL	MD	-23,558449	-46,571938		
3	03-jun-DE ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	ELISA SILVEIRA, R.	AMBOS	19:15	19:57	TRANSITÁVEL	IP	-23,622376	-46,627954		
4	07-fev-DE ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	ELISA SILVEIRA, R.	AMBOS	16:24	18:41	TRANSITÁVEL	IP	-23,622376	-46,627954		
5	07-fev-DE ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	BEIRAREMA, R.	AMBOS	16:24	18:30	TRANSITÁVEL	IP	-23,619605	-46,627931		
6	21-fev-DE ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CHAGAS SANTOS, R. GEN.	SP/SANTOS	19:25	21:30	TRANSITÁVEL	IP	-23,615554	-46,627407		
7	21-fev-DE ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	ELISA SILVEIRA, R.	AMBOS	19:12	20:57	INTRANSITÁVEL	IP	-23,622376	-46,627954		
8	21-fev-DE ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	RIBEIRO LACERDA, R.	AMBOS	18:25	21:17	TRANSITÁVEL	IP	-23,619288	-46,627797		
9	21-fev-DE ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	ROUM, R. FREI	AMBOS	18:27	20:53	TRANSITÁVEL	IP	-23,620748	-46,627817		
10	24-fev-DE ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	ALTURA DO NL 1303	SP/SANTOS	14:44	15:48	TRANSITÁVEL	VNM	-23,613311	-46,627255		
11	03-abr-DE ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CHAGAS SANTOS, R. GEN.	SP/SANTOS	16:18	17:48	INTRANSITÁVEL	IP	-23,615555	-46,627404		
12	03-abr-DE ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	ELISA SILVEIRA, R.	SP/SANTOS	16:16	17:48	INTRANSITÁVEL	IP	-23,622356	-46,627932		
13	03-abr-DE ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	RIBEIRO LACERDA, R.	SANTOS/SP	16:22	17:48	INTRANSITÁVEL	IP	-23,619237	-46,627794		
14	04-jun-DE ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	LEONOR KALPA, PÇ	B/C	1:50	4:34	TRANSITÁVEL	IP	-23,620202	-46,627797		
15	21-mar-DE ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CHAGAS SANTOS, R. GEN.	SP/SANTOS	18:54	19:31	TRANSITÁVEL	IP	-23,615886	-46,627419		
16	21-dez-DE ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	BOSQUE DA SAÚDE, AV.	AMBOS	16:28	20:17	TRANSITÁVEL	IP	-23,615918	-46,627555		
17	21-dez-DE ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	RIBEIRO LACERDA, R.	AMBOS	17:27	19:19	INTRANSITÁVEL	IP	-23,619258	-46,627739		
18	22-dez-DE ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	BOSQUE DA SAÚDE, AV.	SP/SANTOS	18:27	17:44	TRANSITÁVEL	IP	-23,612788	-46,627718		
19	22-dez-DE ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CHAGAS SANTOS, R. GEN.	SANTOS/SP	16:42	17:44	INTRANSITÁVEL	IP	-23,615885	-46,627444		
20	24-dez-DE ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	AUDOMAR BALEIRO, VIL. MIN.	AMBOS	21:05	21:29	TRANSITÁVEL	IP	-23,625208	-46,630014		
21	26-dez-DE ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	BEIRAREMA, R.	AMBOS	20:11	21:46	TRANSITÁVEL	IP	-23,615648	-46,627954		

Figura 24 - Extrato da planilha com todas as coordenadas geográficas obtidas pelo processo ilustrado na Figura 23, já atribuídas aos respectivos pontos de alagamento.

Foram utilizados os horários de início e fim dos eventos para o cálculo do tempo de duração do alagamento. Para isto, optou-se por transformá-los em horas inteiras, seguindo os seguintes passos:

a) Subtração do horário final do inicial, figura 25.

Arquivo

Página Inicial

Inserir

Layout da Página

Formulas

Dados

Referência

Exibição

Cor

Estilos

Formatar Tabela Automaticamente

Mostrar e Ocultar

Formatos Condicionais

Formatar como Tabela

Estilos de Célula

Inserir

Excluir

Formatar

Classificar

Localizar e Selecionar

Fonte

Alinhamento

Estilos

Grupos

Plan1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
5												17:10	18:15	1:05					
6												17:00	18:14	1:14					
7												16:44	18:24	1:40					
8												17:02	0:55	TRANSITÁVEL			0:55		7:53
9												17:11	20:29	3:18					
10												16:40	20:29	3:49					
11												17:40	17:51	0:11					
12												16:36	17:49	1:13					
13												19:15	19:57	0:42					
14												20:53	21:39	0:46					
15												18:46	19:46	1:00					
16												18:47	19:30	0:43					
17												19:15	19:30	0:15					
18												16:57	20:00	3:03					
19												18:29	19:31	1:02					
20												21:11	21:57	0:46					
21												19:07	19:39	0:32					
22												19:13	19:52	0:39					
23												18:50	19:30	0:40					
24												20:28	0:46	TRANSITÁVEL			0:46		4:27
25												18:30	21:57	3:27					
26												18:52	19:52	1:00					
27												19:07	20:02	0:55					

Figura 25 – Exemplo da subtração para obtenção do horário inicial do alagamento.

- b) Como a duração do alagamento em alguns pontos ultrapassou 24 horas, foi necessário a adequação, somando-se 24h à hora final, para que o resultado não fosse negativo. Exemplo: Início = 21:00; Fim = 5:00, portanto $24+5=29$, $29-21=8$ h (Figuras 26).

FID	Ponto	Lat	Long	ΔTal	Itz/Tr	TO	Data	Tempo
1	0	1	-23,5039	-46,634676	0,52	1	17:43 02/01/08	0,52 32,00
2	1	2	-23,5039	-46,634676	0,52	1	17:40 02/01/08	0,55 33,00
3	2	3	-23,5231	-46,633306	2,56	1	17:33 02/01/08	2,56 176,00
4	3	4	-23,5053	-46,624946	1,05	1	17:10 02/01/08	1,05 65,00
5	4	5	-23,5053	-46,624946	1,05	1	17:10 02/01/08	1,05 65,00
6	5	6	-23,4947	-46,625548	1,14	1	17:00 02/01/08	1,14 74,00
7	6	7	-23,5631	-46,704224	1,40	1	16:44 02/01/08	1,4 100,00
8	7	8	-23,5785	-46,683475	7,53	1	17:02 02/01/08	7,53 473,00
9	8	9	-23,517	-46,725851	3,18	1	17:11 02/01/08	3,18 198,00
10	9	10	-23,5691	-46,706709	3,49	1	16:40 02/01/08	3,49 229,00
11	10	11	-23,5726	-46,704454	0,11	1	17:40 02/01/08	0,11 11,00
12	11	12	-23,5727	-46,704715	1,13	1	16:36 02/01/08	1,13 73,00
13	12	13	-23,6234	-46,627954	0,42	1	19:13 03/01/08	0,42 42,00
14	13	14	-23,5434	-46,58703	0,46	1	20:53 03/01/08	0,46 46,00
15	14	15	-23,5519	-46,623461	1,00	1	18:46 03/01/08	1 60,00
16	15	16	-23,5472	-46,637836	0,43	1	18:47 03/01/08	0,43 43,00
17	16	17	-23,5472	-46,637836	0,15	1	19:15 03/01/08	0,15 15,00
18	17	18	-23,5556	-46,593637	1,03	1	18:57 03/01/08	1,03 63,00
19	18	19	-23,5372	-46,62814	1,02	1	18:29 03/01/08	1,02 62,00
20	19	20	-23,5556	-46,61718	0,46	1	21:11 03/01/08	0,46 46,00
21	20	21	-23,5566	-46,631803	0,32	1	19:07 03/01/08	0,32 32,00
22	21	22	-23,5562	-46,629676	0,39	1	19:13 03/01/08	0,39 39,00

Figura 26 – Exemplo de adequação dos horários dos alagamentos no formato de 24 horas

- c) Para a transformação dessa subtração em horas inteiras, utilizou-se a seguinte fórmula: a hora vezes 60 mais os minutos (Figura 27). Os valores finais calculados são apresentados na Tabela 3.

FID	Ponto	Lat	Long	ΔTal	Itz/Tr	TO	Data	Tempo
1	0	1	-23,5039	-46,634676	0,52	1	17:42 02/01/08	0,52 32,00
2	1	2	-23,5039	-46,634676	0,55	1	17:40 02/01/08	0,55 33,00
3	2	3	-23,5231	-46,633306	2,56	1	17:33 02/01/08	2,56 176,00
4	3	4	-23,5053	-46,624946	1,05	1	17:10 02/01/08	1,05 65,00
5	4	5	-23,5053	-46,624946	1,05	1	17:10 02/01/08	1,05 65,00
6	5	6	-23,4947	-46,625548	1,14	1	17:00 02/01/08	1,14 74,00
7	6	7	-23,5631	-46,704224	1,40	1	16:44 02/01/08	1,4 100,00
8	7	8	-23,5785	-46,683475	7,53	1	17:02 02/01/08	7,53 473,00
9	8	9	-23,517	-46,725851	3,18	1	17:11 02/01/08	3,18 198,00
10	9	10	-23,5691	-46,706709	3,49	1	16:40 02/01/08	3,49 229,00
11	10	11	-23,5726	-46,704454	0,11	1	17:40 02/01/08	0,11 11,00
12	11	12	-23,5727	-46,704715	1,13	1	16:36 02/01/08	1,13 73,00
13	12	13	-23,6234	-46,627954	0,42	1	19:13 03/01/08	0,42 42,00
14	13	14	-23,5434	-46,58703	0,46	1	20:53 03/01/08	0,46 46,00
15	14	15	-23,5519	-46,623461	1,00	1	18:46 03/01/08	1 60,00
16	15	16	-23,5472	-46,637836	0,43	1	18:47 03/01/08	0,43 43,00
17	16	17	-23,5472	-46,637836	0,15	1	19:15 03/01/08	0,15 15,00
18	17	18	-23,5556	-46,593637	1,03	1	18:57 03/01/08	1,03 63,00
19	18	19	-23,5372	-46,62814	1,02	1	18:29 03/01/08	1,02 62,00
20	19	20	-23,5556	-46,61718	0,46	1	21:11 03/01/08	0,46 46,00
21	20	21	-23,5566	-46,631803	0,32	1	19:07 03/01/08	0,32 32,00
22	21	22	-23,5562	-46,629676	0,39	1	19:13 03/01/08	0,39 39,00

Figura 27– Exemplo do cálculo para obtenção de horas inteiras.

Tabela 3 - Extrato da tabela gerada com base nos pontos de alagamento do CGE.

FID	Ponto	Lat S	Long W	Tempo	Itr/Tr	Data
0	1	-23,503912	-46,684674	52	1	02/01/2008
1	2	-23,503882	-46,685414	55	1	02/01/2008
2	3	-23,523134	-46,663306	176	1	02/01/2008
3	4	-23,505251	-46,624946	65	1	02/01/2008
4	5	-23,505251	-46,624946	65	1	02/01/2008
5	6	-23,494676	-46,625548	74	1	02/01/2008
6	7	-23,563082	-46,704224	100	1	02/01/2008
7	8	-23,578516	-46,681475	473	1	02/01/2008
8	9	-23,51703	-46,725851	198	1	02/01/2008
9	10	-23,569064	-46,706709	229	1	02/01/2008

O Quadro 4 apresenta a síntese dos dados espaciais utilizados na pesquisa suas características e fontes. Os dados pluviométricos são apresentados em detalhe na Tabela 4.

Quadro 4 - Tipos de dados espaciais utilizados na pesquisa, respectivos formatos e fontes de obtenção.

Tipo de dado	Formato	Fonte
Mapa dos distritos do município de São Paulo	Vetorial	Prefeitura do Município de São Paulo
Mapa hidrográfico do município de São Paulo		
Mapa da cobertura vegetal do município de São Paulo	Raster	
Mapa do zoneamento do município de São Paulo		
Mapa dos logradouros do município de São Paulo	Vetorial	Centro de Estudos da Metrópole
Mapa dos setores censitários de São Paulo	Vetorial	IBGE
Modelo digital de elevação ASTER GDEM2	Raster	NASA
Pluviometria das estações meteorológicas do município de São Paulo	Planilhas e Vetorial	INMET, ANA-HIDROWEB

Tabela 4 - Relação das estações meteorológicas utilizadas como fonte de dados pluviométricos, e suas respectivas características (ANA, 2015).

Estação	Lat S	Long W	Série	Anos
Perus	-23,24	-46,45	1937 - 1997	60
Horto Florestal	-23,28	-46,38	1899 - 2003	104
Barrocada	-23,25	-46,34	1941 - 1997	56
Engordador	-23,24	-46,35	1941 - 1997	56
N. Senhora do Ó	-23,28	-46,43	1937 - 2004	67
Santana	-23,3	-46,37	1937 - 2004	67
Lapa	-23,31	-46,44	1954 - 2000	46
Ponte Pequena	-23,31	-46,39	1943 - 1992	49
Luz (Estação)	-23,32	-46,38	1888 - 2004	116
Água Branca	-23,31	-46,41	1937 - 2004	67
CTH	-23,24	-46,44	1956 - 2004	48
Universitária	-23,35	-46,39	1943 - 2003	60
Instituto Biológico	-23,35	-46,39	1943 - 2003	60
Congonhas (Aeroporto)	-23,38	-46,39	1945 - 2003	58
Santo Amaro	-23,39	-46,42	1937 - 2002	65
Observatório do IAG	-23,39	-46,38	1933 - 2004	71
Usina Rio dos Campos	-23,58	-46,40	1940 - 1982	40
Ermelindo Matarazzo	-23,28	-46,28	1963 - 2006	43
Escola Normal	-23,33	-46,39	1889 - 1924	35
Mirante Santana	-23,3	-46,37	1961 - 2014	53
Barragem Guarapiranga	-23,40	-46,43	1922 - 1986	64
Montante	-23,36	-46,28	1937 - 1983	46
Ribeirão	-23,36	-46,28	1937 - 1983	46
ETT (Pirituba)	-23,3	-46,43	1937 - 1986	49
Borore	-23,46	-46,39	1937 - 1986	49
Córrego Preto	-23,52	-46,39	1928 - 1986	58
Cumbica	-23,29	-46,28	1947 - 1986	39
Evangelista de Souza	-23,59	-46,39	1948 - 1986	38
Pedreira	-23,42	-46,40	1925 - 1986	61
Pinheiros	-23,35	-46,43	1937 - 1985	48
El Traição Sul	-23,36	-46,42	1939 - 1986	47
Cambuci	-23,33	-46,38	1943 - 1986	43
Cocaia	-23,45	-46,44	1926 - 1958	32
São Miguel	-23,29	-46,26	1937 - 1968	31

Paulista				
Evangelista de Souza	-23,55	-46,39	1939 - 2001	62
Itaguaçu	-23,27	-46,37	1941 - 1971	30
Parelheiros	-23,5	-46,44	1973 - 2004	31
Avenida Paulista	-23,34	-46,40	1903 - 1936	33

Os dados pluviométricos e localização das estações foram organizados no Excel e georreferenciados no ArcGIS. Com os dados padronizados e pronto para o uso, foram construídos gráficos e diagramas.

Os dados sobre pontos de alagamento (cor amarela na Figura 21) foram utilizados também para o mapeamento da distribuição dos pontos de alagamento dos anos de 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 e 2013; mapeamento da densidade de pontos de alagamento por distrito; mapeamento da densidade kernel dos pontos de alagamento, total e anuais. O estimador kernel calcula uma superfície de densidades relativas de pontos em áreas, cujos valores são proporcionais à intensidade de eventos por unidade de área (FREIRE, 2014). Os parâmetros utilizados são o raio de influência para definir a vizinhança do ponto a ser interpolado, que controla o alisamento da superfície, e uma função de estimação.

A densidade kernel é calculada a partir de m eventos ($u_i \dots u_{i+m-1}$) contidos em um raio de tamanho τ em torno de u e da distância d entre a posição e a i -ésima amostra (CÂMARA & CARVALHO, 2004). Nesta pesquisa foi utilizado raio de 100 m de abrangência e calculadas as superfícies de densidade para os seis anos analisados e também, para o total acumulado na série completa. Todos os mapas foram relacionados à malha de distritos do município, para se determinar aqueles em que as densidades de pontos de alagamentos foram mais elevadas. Finalmente, para estes distritos onde o fenômeno foi mais relevante, foi realizada uma análise dos padrões de uso de uso e ocupação do solo.

6. RESULTADOS

Os resultados estão divididos em quatro seções: análise dos dados pluviométricos; análise da distribuição dos pontos de alagamento; análise de densidade kernel e análise do padrão espacial do uso do solo e características socioeconômicas dos distritos com maior densidade de alagamento no período estudado.

6.1. Análise dos dados pluviométricos

O mapa da Figura 28 mostra a distribuição das estações meteorológicas em relação aos distritos do município.

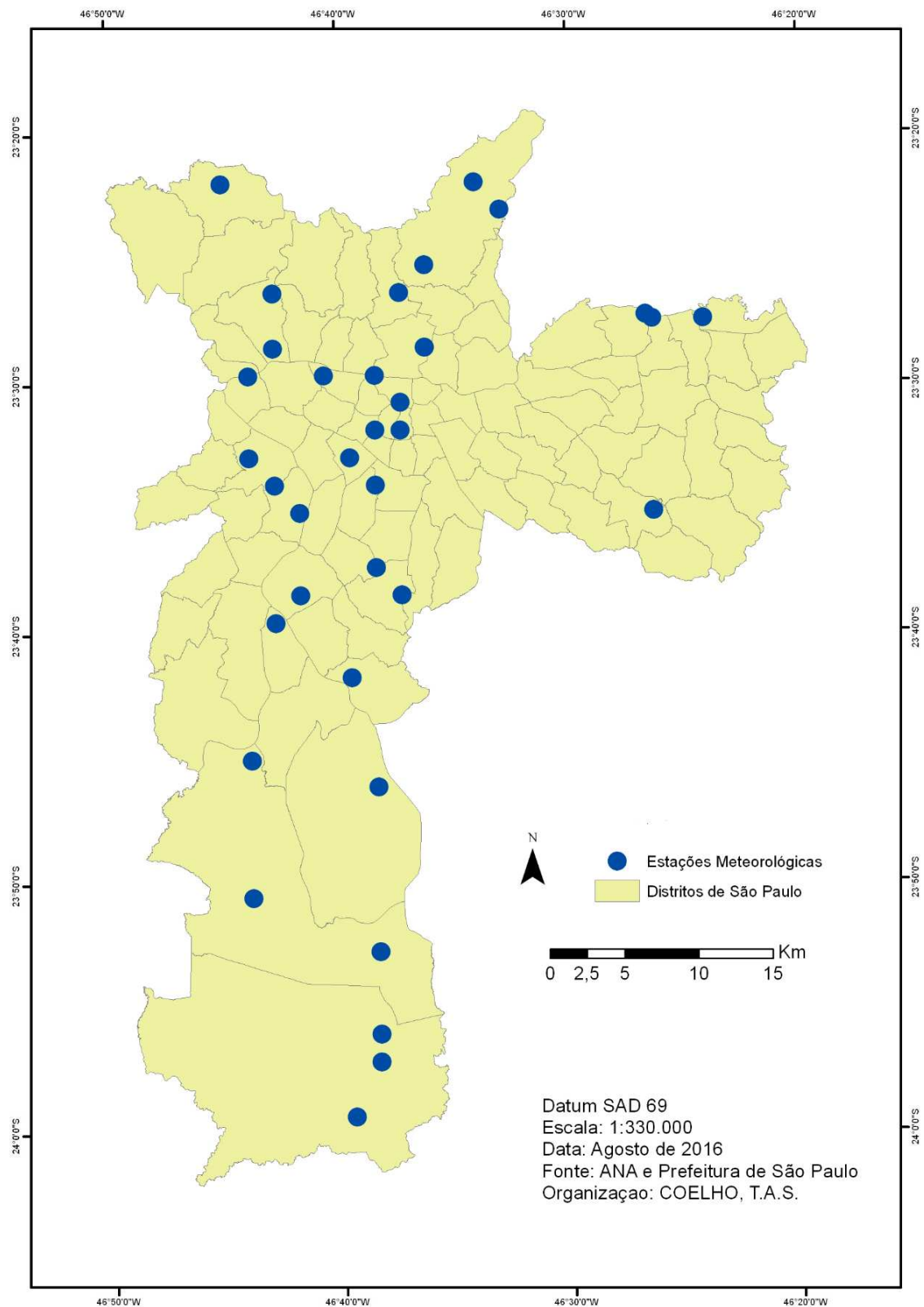


Figura 28 - Distribuição espacial das estações meteorológicas da ANA no município de São Paulo.

Analisando-se o mapa da Figura 28 é possível se observar a distribuição desigual das estações, com menor ocorrência na zona leste e em distritos localizados próximos à Serra da Cantareira e à Serra do Mar, e, o maior predomínio das estações na zona central e oeste. O distrito com maior número de estações presentes é o da República, com três estações meteorológicas.

Após o mapeamento das estações, foi confeccionado um mapa de interpolação ponderação pelo inverso da distância (IDW) com os dados de média mensal de precipitação pluvial das estações meteorológicas registradas pela ANA (Figura 29).

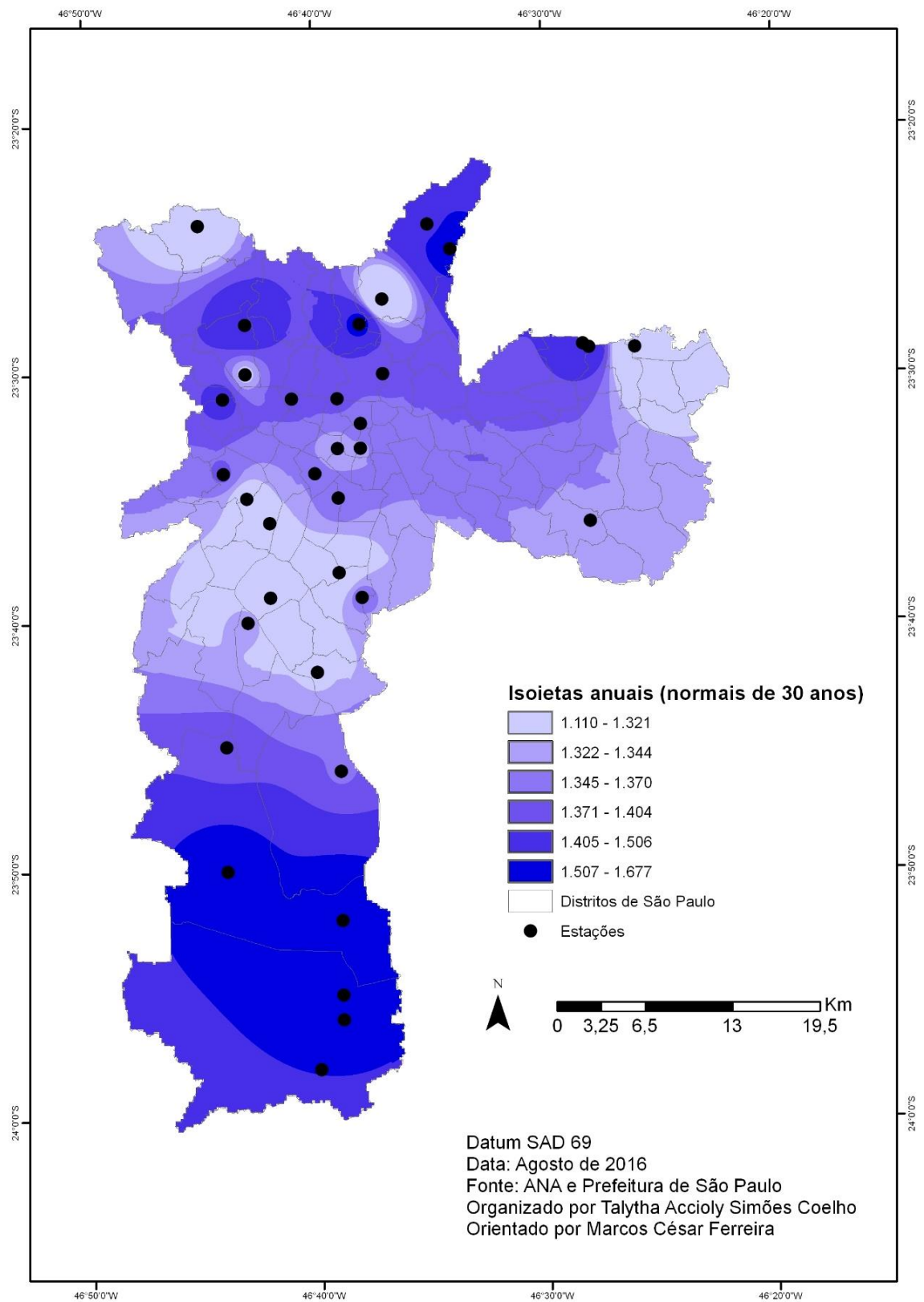


Figura 29 – Mapa das isoietas médias anuais no município de São Paulo, baseadas em séries temporais mínimas de 30 anos.

O mapa mostra que as maiores pluviosidades ocorrem nos extremos norte e sul do município, ou seja, na Serra da Cantareira (norte) e patamares da Serra do Mar (sul). Segundo Tarifa & Armani (2001) as áreas do município que possuem altitudes e relevo plano apresentam menores valores de soma pluviométrica, nos vales dos principais cursos d'água, como Pinheiros e Tietê.

6.2. Análise dos pontos de alagamento

A Figura 30 apresenta a distribuição da quantidade anual de pontos de alagamentos registrados no município.

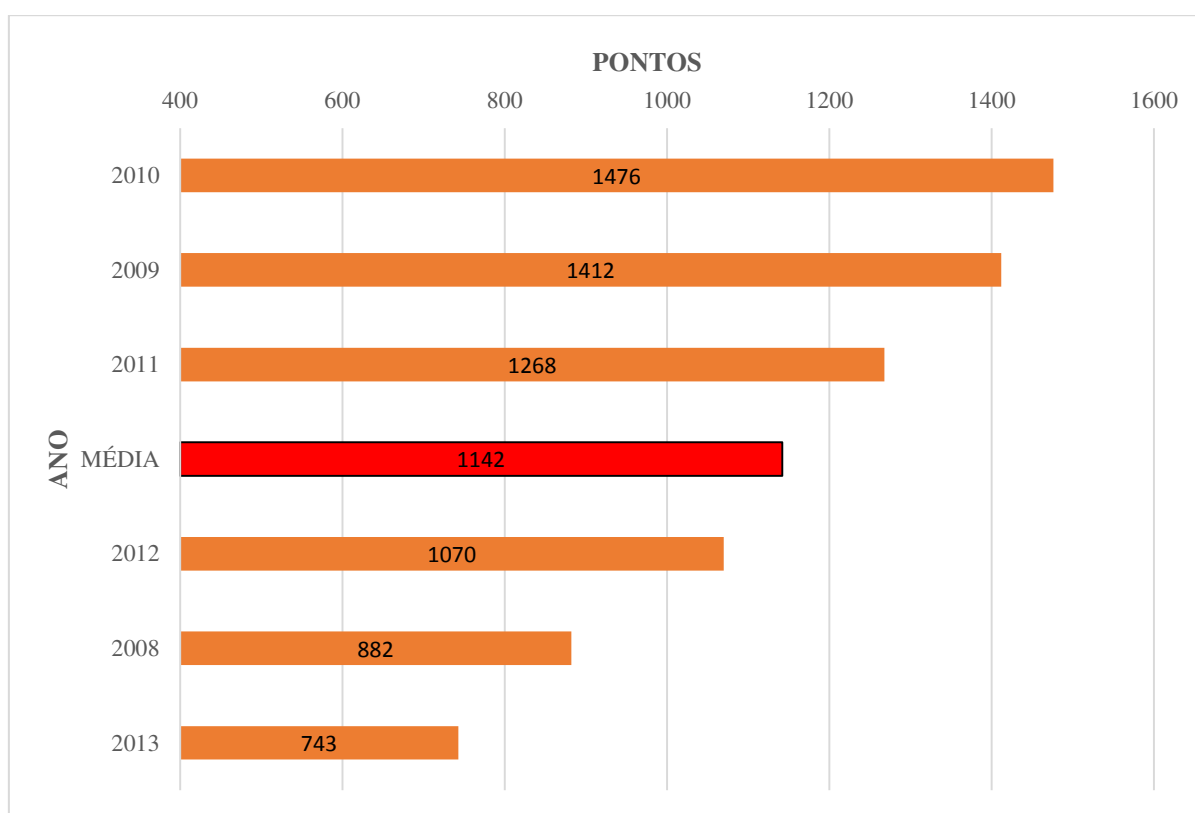


Figura 30 - Totais anuais de ocorrências de pontos de alagamento registrados no município de São Paulo, entre 2008 e 2013.

A média anual para o período 2008-2013 atingiu 1.142 pontos de alagamento. Observando-se a Figura 26 é possível se notar que os anos de 2009 (1.412), 2010 (1.476) e 2011 (1.268) foram os que apresentaram os maiores valores para alagamentos; em 2008 (882), 2012 (1.070) e 2013 (743) o total de pontos permaneceu abaixo da média da série. Os dados mostram uma variação de 733 pontos entre o ano com mais e menos registros, ou seja, uma expressiva heterogeneidade na série anual.

Quando organizados de forma mensal, a quantidade de pontos de alagamento registrados no município de São Paulo apresenta a seguinte configuração, observada no gráfico da Figura 31.

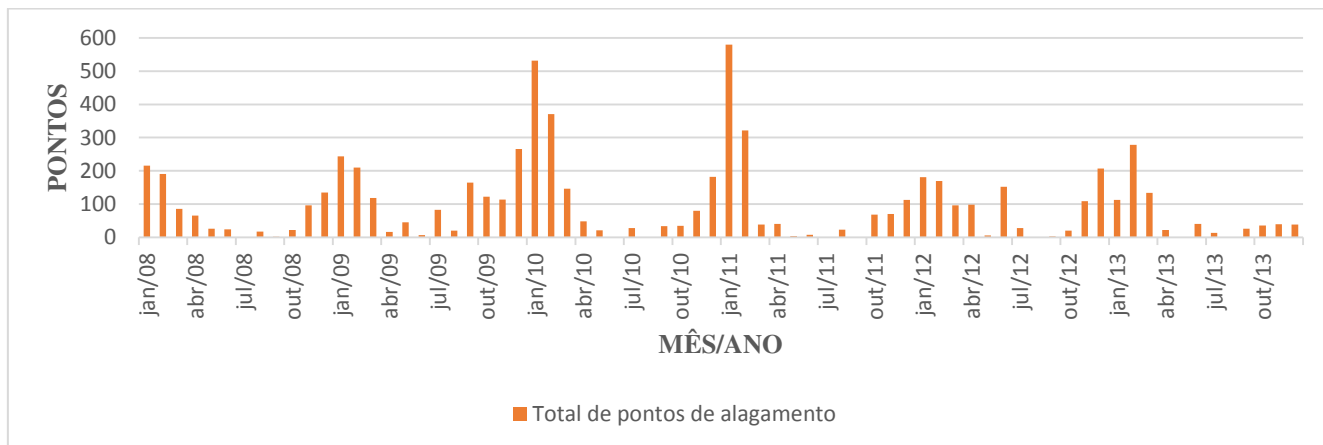


Figura 31 - Evolução do total mensal de pontos de alagamento no município de São Paulo entre 2008 e 2013.

O gráfico da Figura 31 representa a evolução do total mensal de pontos de alagamento, entre janeiro de 2008 e dezembro de 2013, e ilustra períodos com grande número de pontos registrados, intercalados a períodos de menor número. Os meses com totais menores foram julho de 2008, abril de 2009, julho de 2009, maio de 2010, julho de 2011, maio de 2012, agosto de 2012, junho de 2013 e agosto de 2013. Já os maiores valores foram observados em de janeiro de 2010 e janeiro de 2011. O ano com menor intensidade de alagamentos e menor variabilidade ao longo do ano, foi 2012. A maioria dos picos foram registrados nos meses entre novembro e abril.

O maior registro foi observado em janeiro de 2011, totalizando 579 pontos; o mês com menor ocorrência de pontos de alagamento foram julho de 2008, junho e agosto de 2010, julho e setembro de 2011, agosto de 2012, maio e agosto de 2013. Observando os registros, inicialmente há uma ligação entre as maiores e menores ocorrências em relação aos períodos chuvosos e secos, sendo característico do clima do município de São Paulo enfatizando que a pluviosidade tem papel importante no estudo desses eventos.

Como os valores de pluviosidade estão relacionados com a ocorrência de pontos de alagamento foi gerado uma coleção de diagramas para melhor visualização da relação entre volumes de precipitação pluvial e a quantidade de pontos de alagamentos (Figura 32).

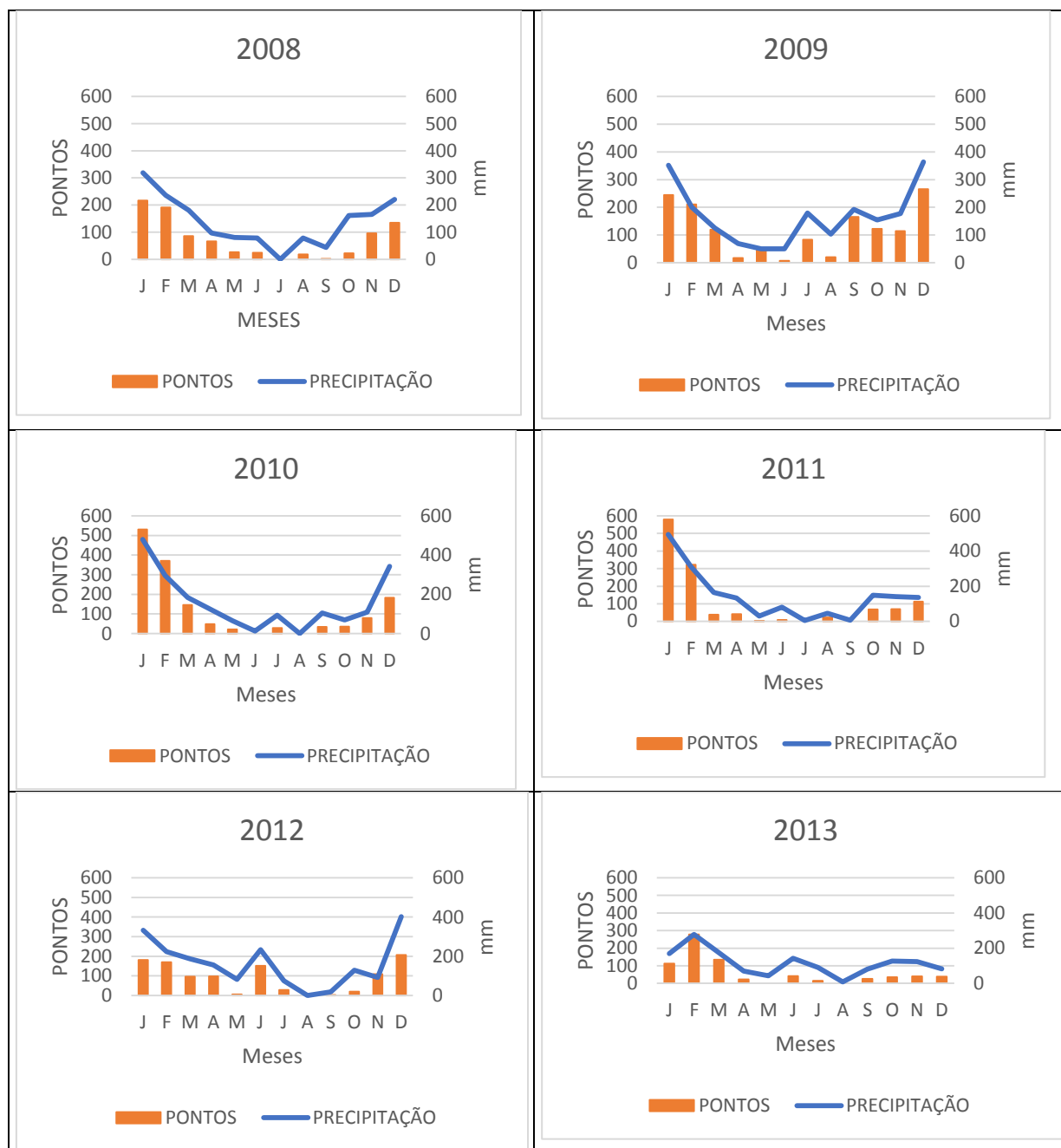


Figura 32 - Evolução do número de pontos de alagamento e do total mensal de precipitação pluvial no município de São Paulo, entre 2008 e 2013.

Fonte: adaptado de CGE (2015) e INMET (2016).

Analisando-se a Figura 32 é possível se constatar a relação direta entre o número de pontos de alagamento e o total de pluviosidade mensal. Para melhor representar os diferentes cenários de relação entre pluviosidade e registro de alagamentos no município, foram estimados os coeficientes de determinação de Pearson e as retas de regressão para cada ano da série estudada, assim os pontos verdes nos diagramas representam cada mês do ano (12 meses) e a sua respectiva quantidade de pontos de alagamento no período e o valor da média pluviométrica (Figura 33).

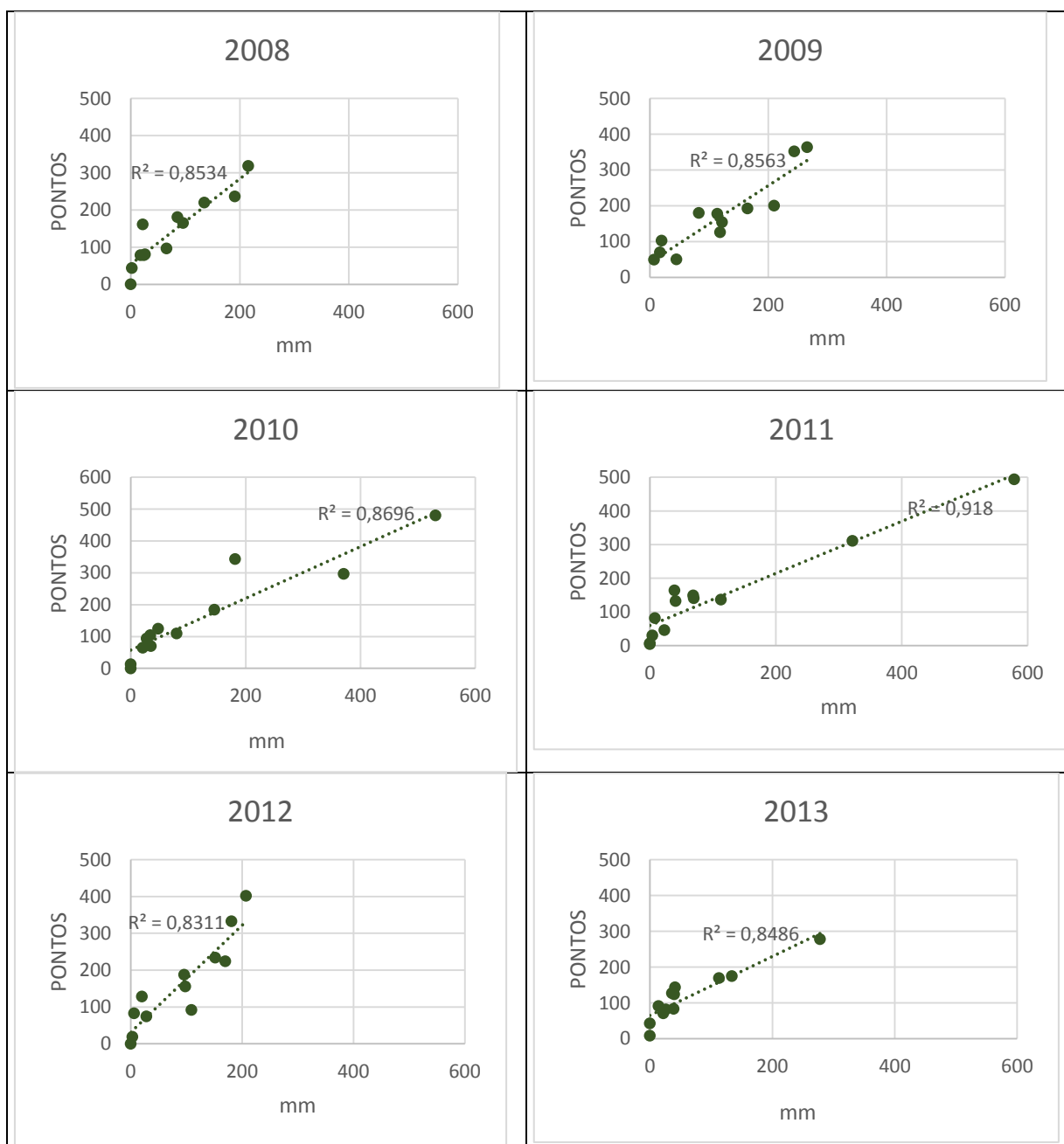


Figura 33 - Retas de regressão e coeficientes de determinação entre total mensal de pluviosidade (mm) e total de pontos de alagamento, entre 2008 e 2013, no município de São Paulo.

A Figura 33 mostra que os coeficientes mais elevados ocorreram em 2010 (0,8696) e 2011 (0,918) e, o menor valor foi verificado em 2012 (0,8311).

O mapa da Figura 34 representa a distribuição espacial dos pontos de alagamento registrados entre 2008 e 2013, em relação às principais vias de circulação.

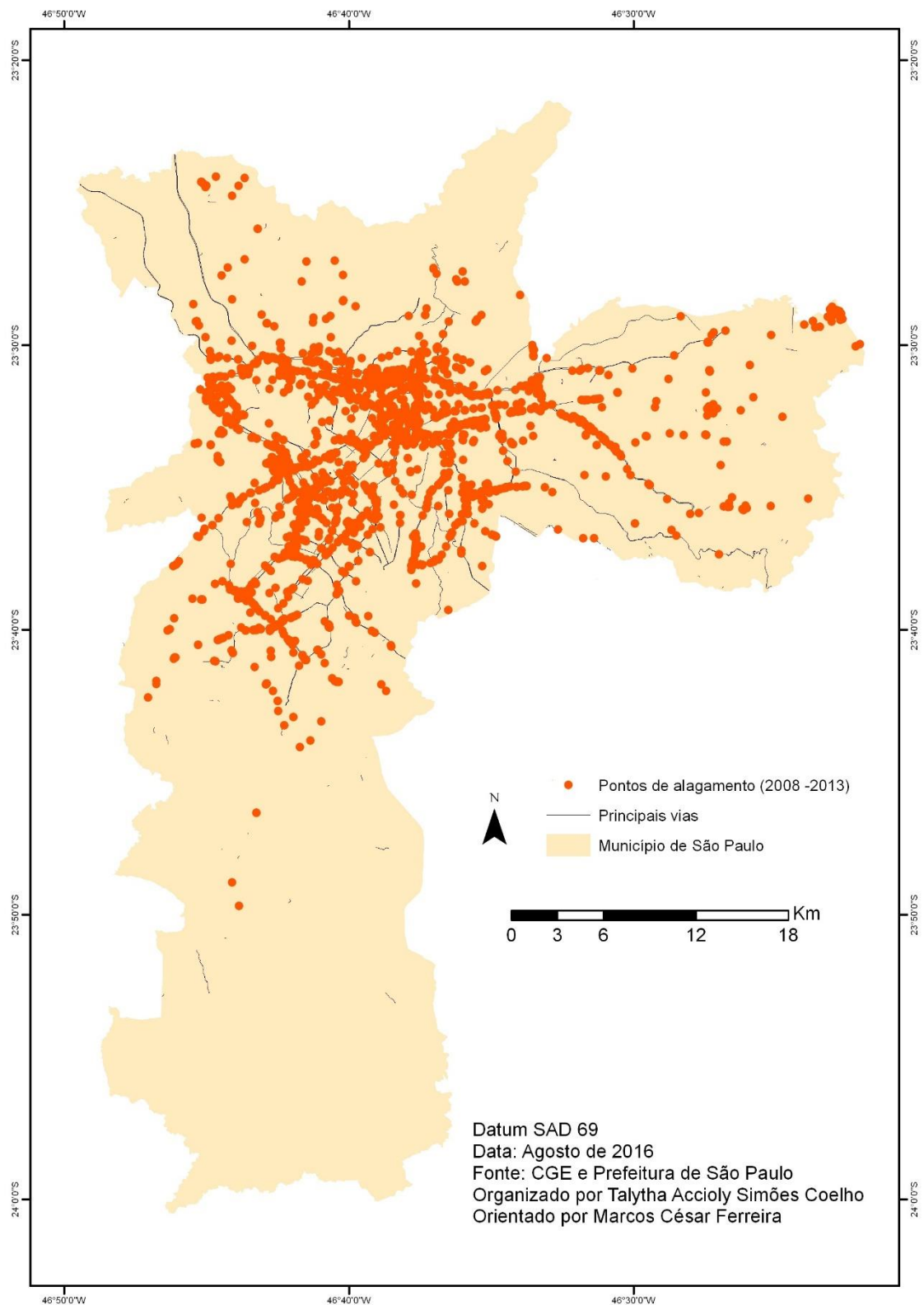


Figura 34 - Localização dos pontos de alagamento registrados pelo CGE no período de 2008 a 2013 e a distribuição nas principais vias do município de São Paulo.

O mapa da Figura 34 mostra que a ocorrência de pontos de alagamento no período estudado é bem intensa e está distribuído ao longo de praticamente todo o território do município de São Paulo, exceto na região sul. A distribuição segue, em sua maioria, ao as principais vias, principalmente nas marginais Tietê e Pinheiros. Essas são áreas que, em razão das baixas altitudes e presença intensa da macrodrenagem, possuem grande risco de ocorrência de eventos hidrológicos, como inundações e alagamentos. São áreas naturalmente propícias a estes fenômenos eventos, que são intensificados devido à insuficiência na drenagem pluvial urbana de São Paulo (medidas estruturais), como também, pela debilidade das medidas não estruturais, como avisos e orientações sobre riscos de ocorrência dos eventos à população residente e flutuante. O mapa da Figura 35 ilustra, em detalhe, a distribuição dos pontos de alagamento registrados pelo CGE, em relação aos logradouros e distritos.

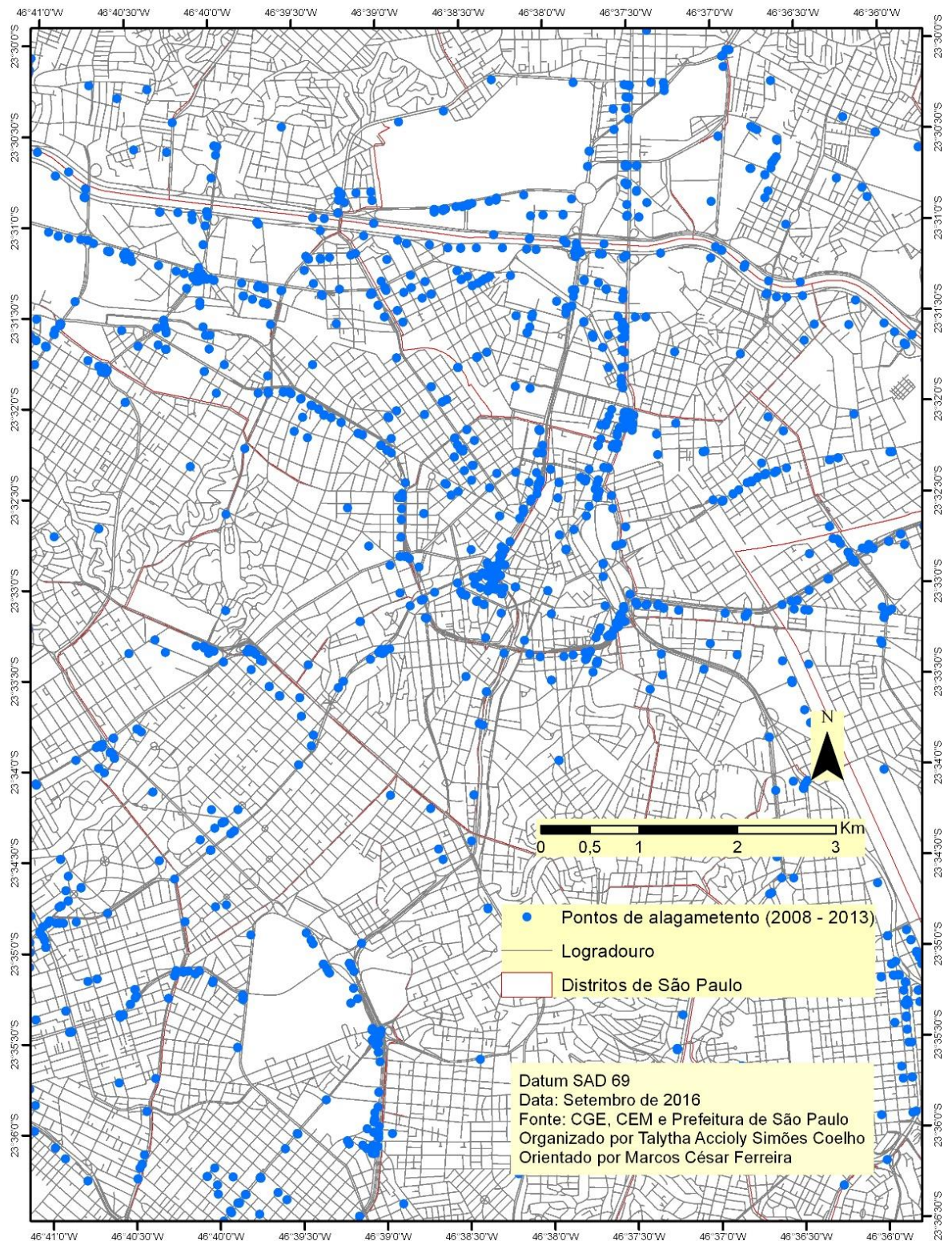


Figura 35 - Distribuição dos pontos de alagamentos registrados pelo CGE em relação aos logradouros e os distritos da área central do município de São Paulo.

A maioria dos pontos de alagamento está associada a vias de circulação, e indicando um problema cada vez mais frequente para a mobilidade e causado pela expansão urbana e a ocupação de várzeas, e potencializado pelo Plano de Avenidas de 1930.

Outro elemento geográfico essencial para o entendimento dos fatores que contribuem para a localização dos pontos de alagamento é o posicionamento destes em relação aos corpos d'água. Neste sentido, foram construídos seis mapas anuais de ocorrência de pontos de alagamento por ano na série 2008-2013, e, um mapa geral, com todos os pontos registrados. Este conjunto de mapas mostra a distribuição dos pontos em relação à rede hidrográfica do município (Figuras 36 a 41).

Os pontos registrados em 2008 (Figura 36) estão localizados principalmente nas áreas mais centrais do município, sendo que as maiores concentrações seguem em relação aos principais rios, sendo eles, Pinheiros, Tietê, Tamanduateí, Aricanduva e córrego Carandiru. O ano de 2009 (Figura 37) apresenta uma distribuição de pontos de alagamento mais espalhada que 2008, com pequena concentração no leste do município, além dos pontos presentes ao longo dos principais canais d'água de São Paulo.

O mapa da Figura 38 ilustra a distribuição espacial dos pontos de alagamento em 2010. Este ano apresentou maior número de pontos (1.476), mas sua distribuição concentrou-se na região central, principalmente ao longo dos rios Pinheiros, Tietê e Tamanduateí.

Os pontos registrados pelo CGE em 2011 (Figura 39) estão distribuídos por todo o município de São Paulo, com ocorrência em todas as zonas, mas, principalmente no centro e ao longo dos rios Pinheiros, Tietê, Tamanduateí, córrego Carandiru e as represas de Guarapiranga e Billings.

A Figura 40 mostra a distribuição de pontos em 2012. Observa-se concentração ao longo de todo o município, e, como observado nos demais anos, com maior intensidade nas várzeas dos rios Pinheiros, Tietê, Tamanduateí e Aricanduva.

O ano de 2013 (Figura 41) apresentou o menor número de registros de alagamento em relação aos anos estudados nesta pesquisa (743 pontos). Neste ano a distribuição foi em várias regiões do município, mas com menor concentração nas várzeas do Tietê e Tamanduateí, se comparado aos demais anos. Ocorreu maior concentração na várzea do rio Pinheiros.

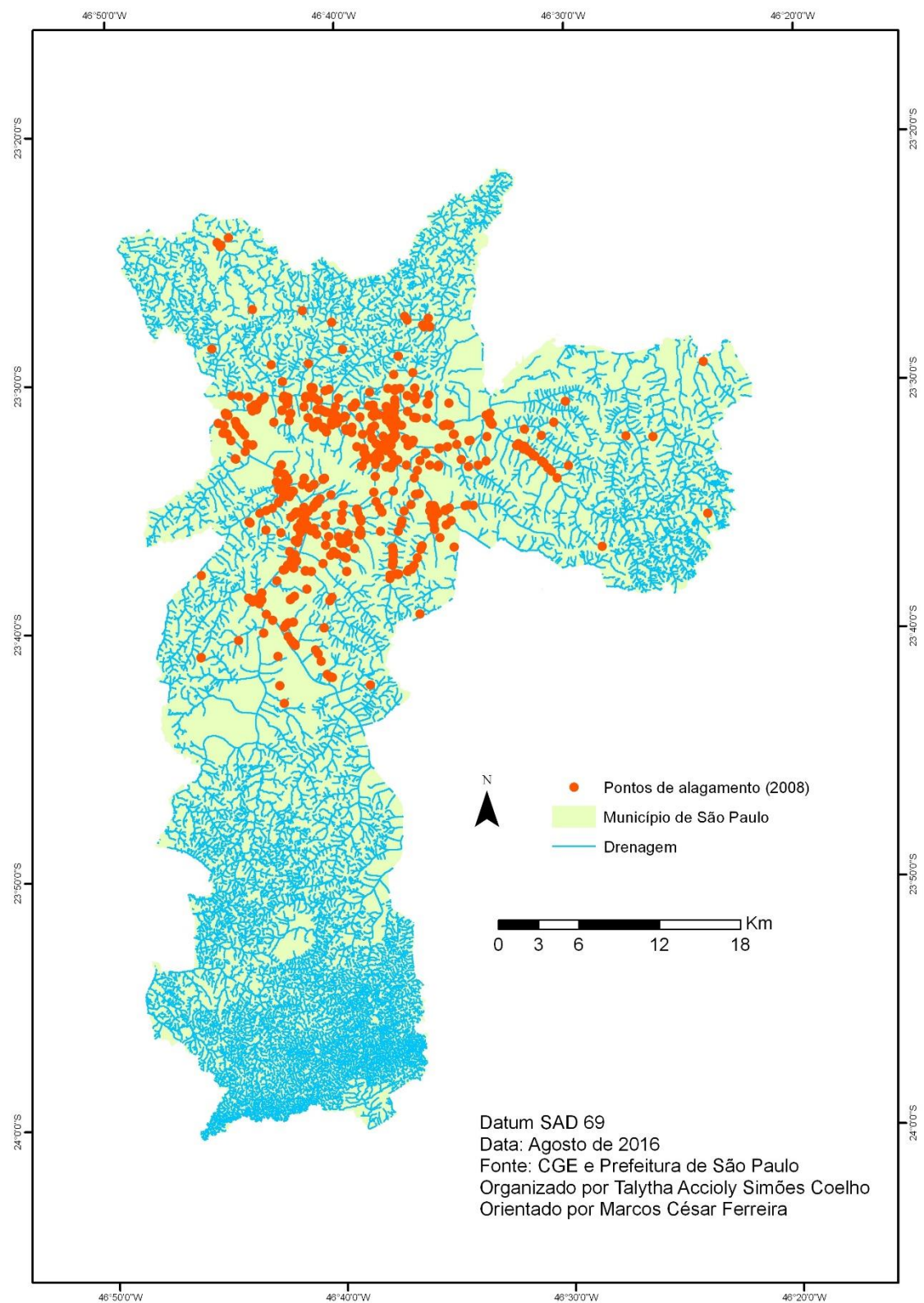


Figura 36 – Mapa de distribuição dos pontos de alagamento no município de São Paulo em 2008, em relação à rede hidrográfica.

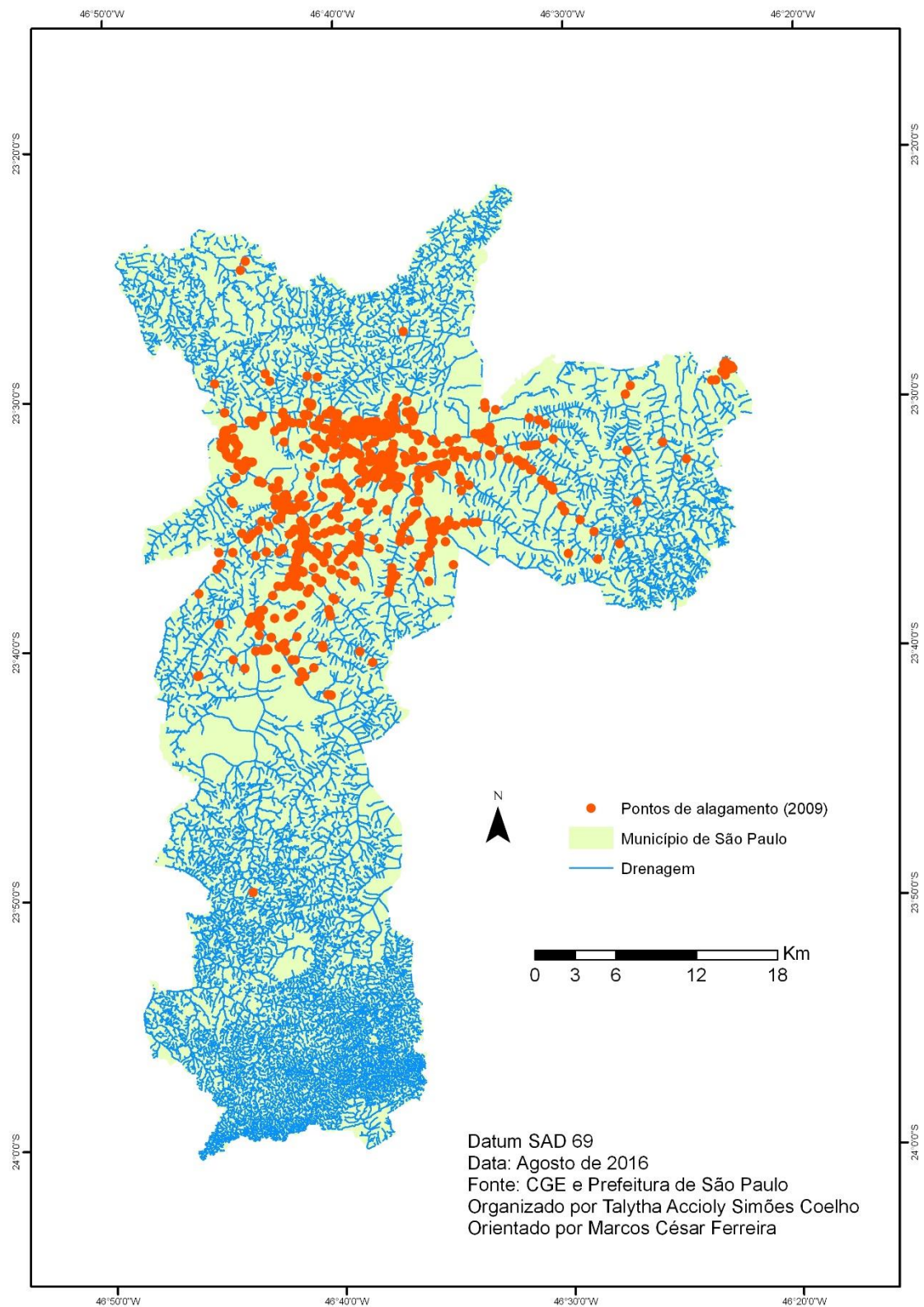


Figura 37 - Mapa de distribuição dos pontos de alagamento no município de São Paulo em 2009, em relação à rede hidrográfica.

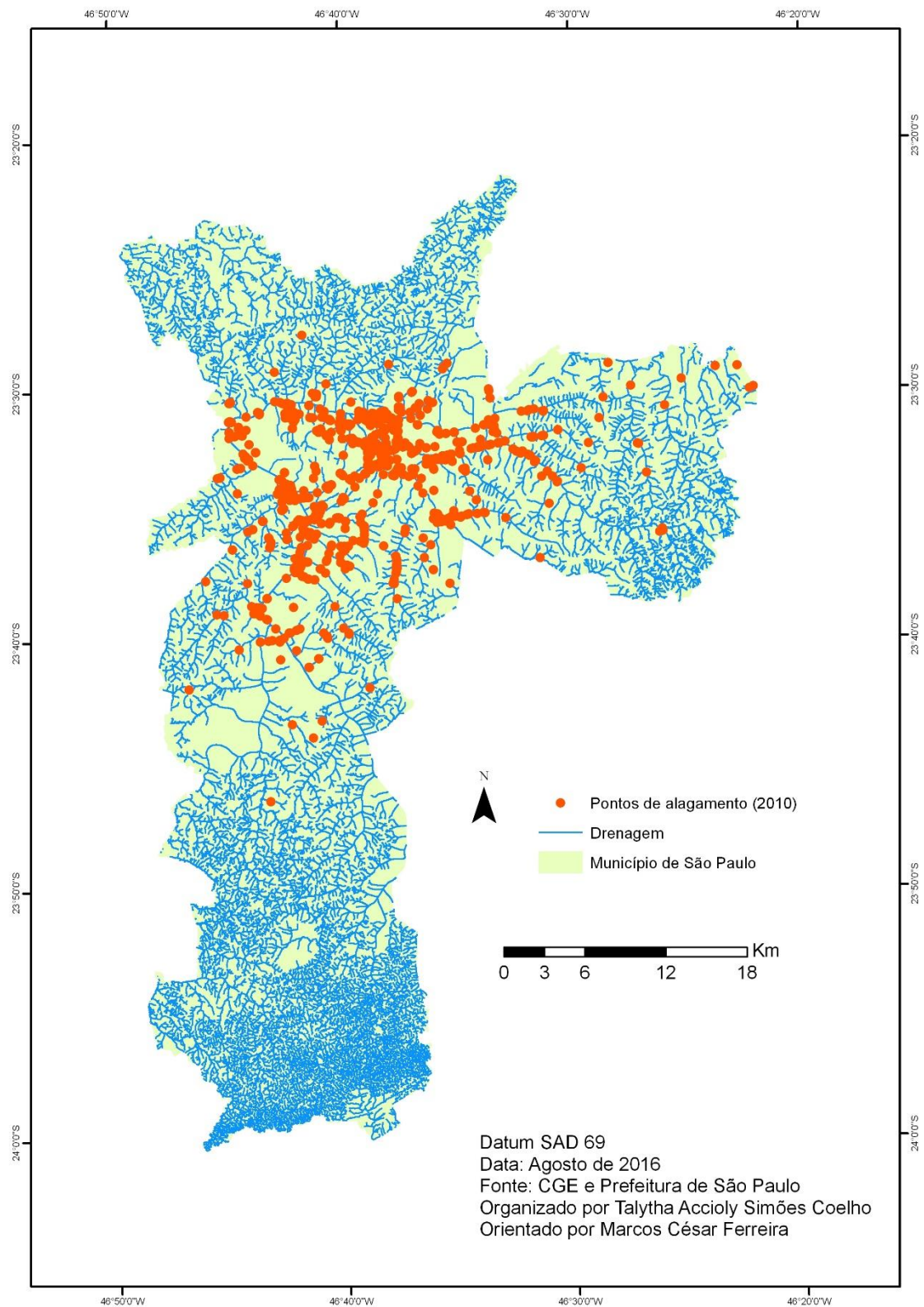


Figura 38 - Mapa de distribuição dos pontos de alagamento no município de São Paulo em 2010, em relação à rede hidrográfica.

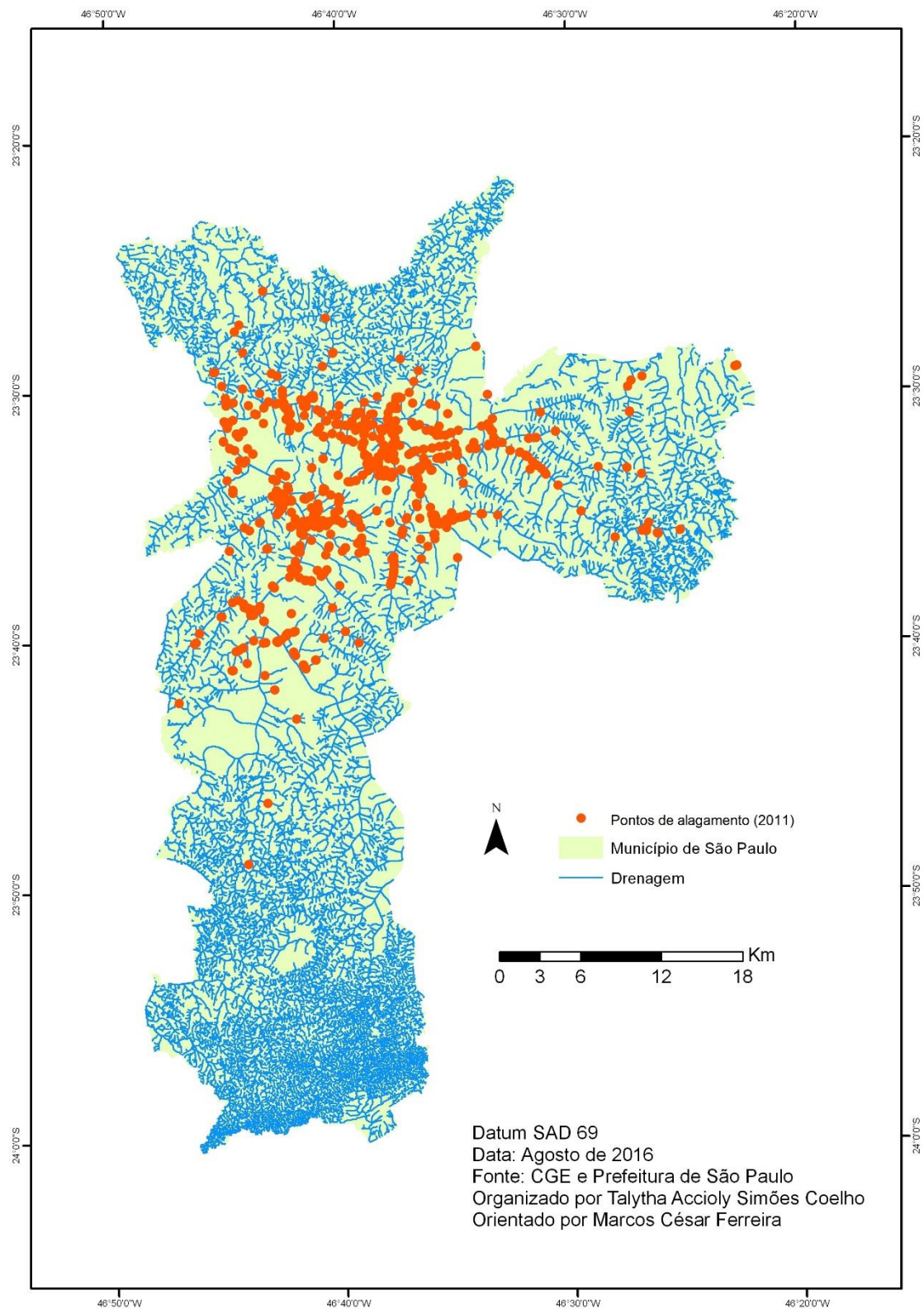


Figura 39 - Mapa de distribuição dos pontos de alagamento no município de São Paulo em 2011, em relação à rede hidrográfica.

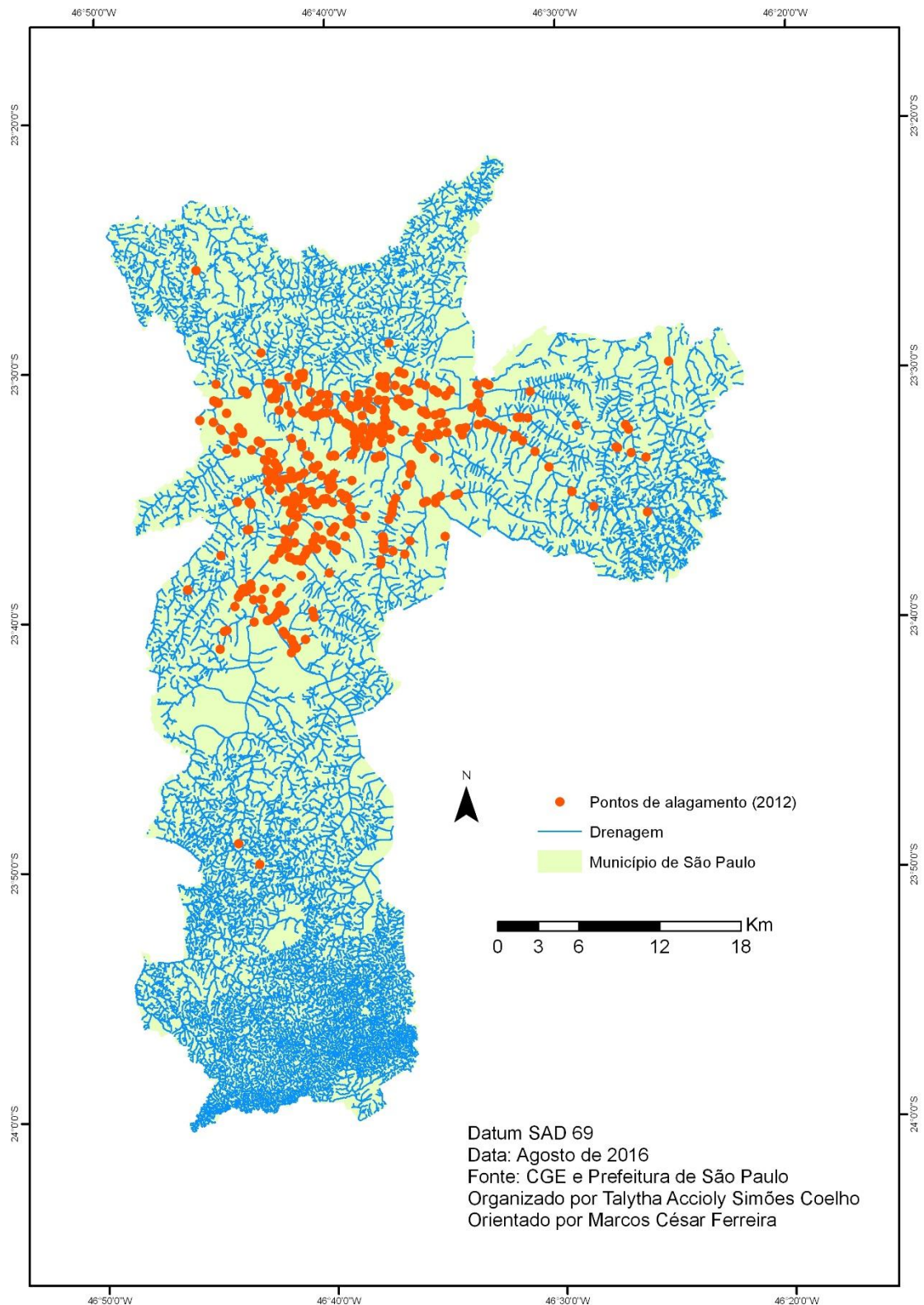


Figura 40 - Mapa de distribuição dos pontos de alagamento no município de São Paulo em 2012, em relação à rede hidrográfica.

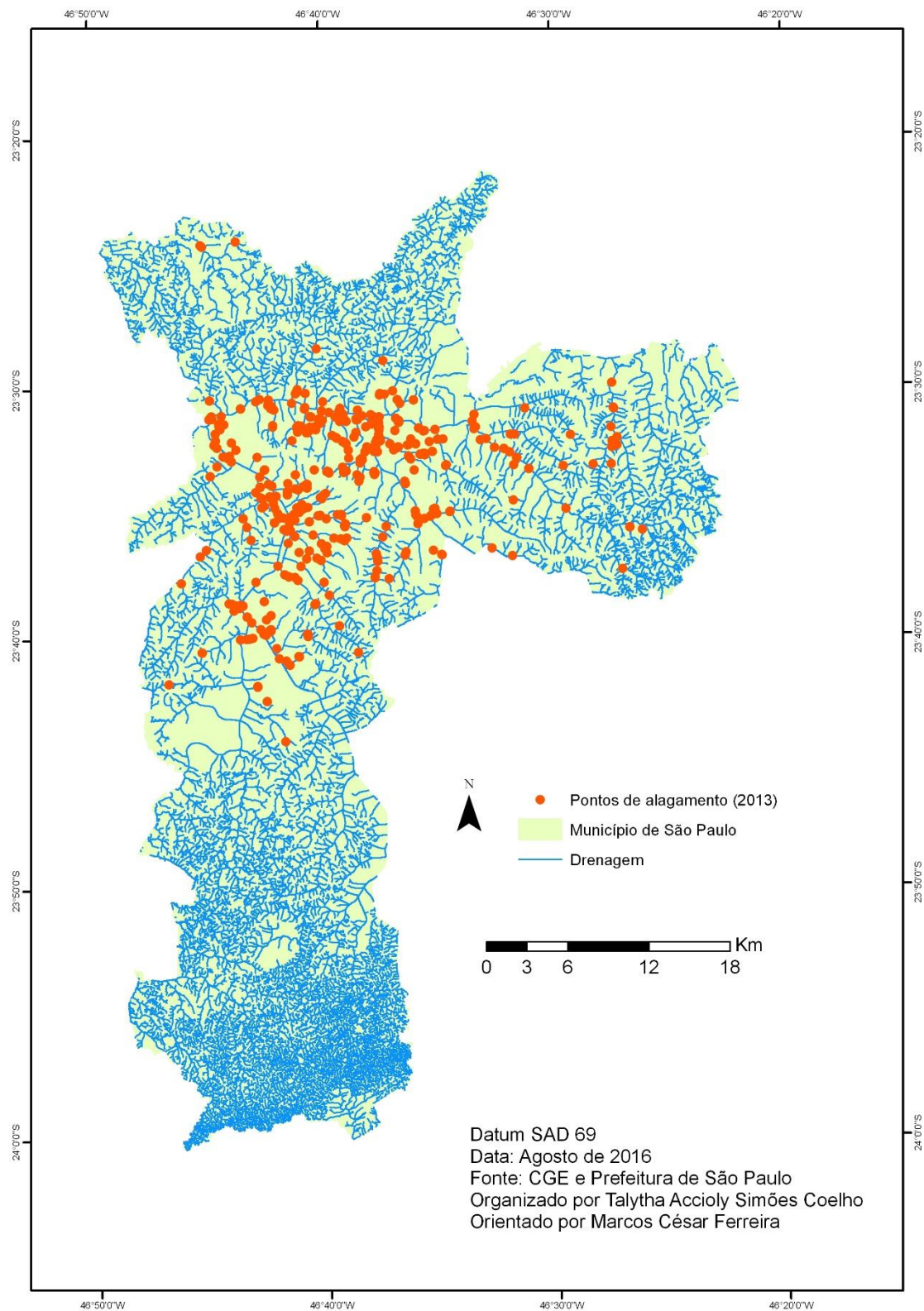


Figura 41 - Mapa de distribuição dos pontos de alagamento no município de São Paulo em 2013 em relação à rede hidrográfica.

A Figura 42 nos permite ter uma visão geral da distribuição espacial dos pontos em todo o período estudado, mostrando a maior concentração nas várzeas dos rios Tietê e Pinheiros, e menor nas várzeas do Tamanduateí e Aricanduva. A maior frequência destes eventos deu-se nos distritos da zona central.

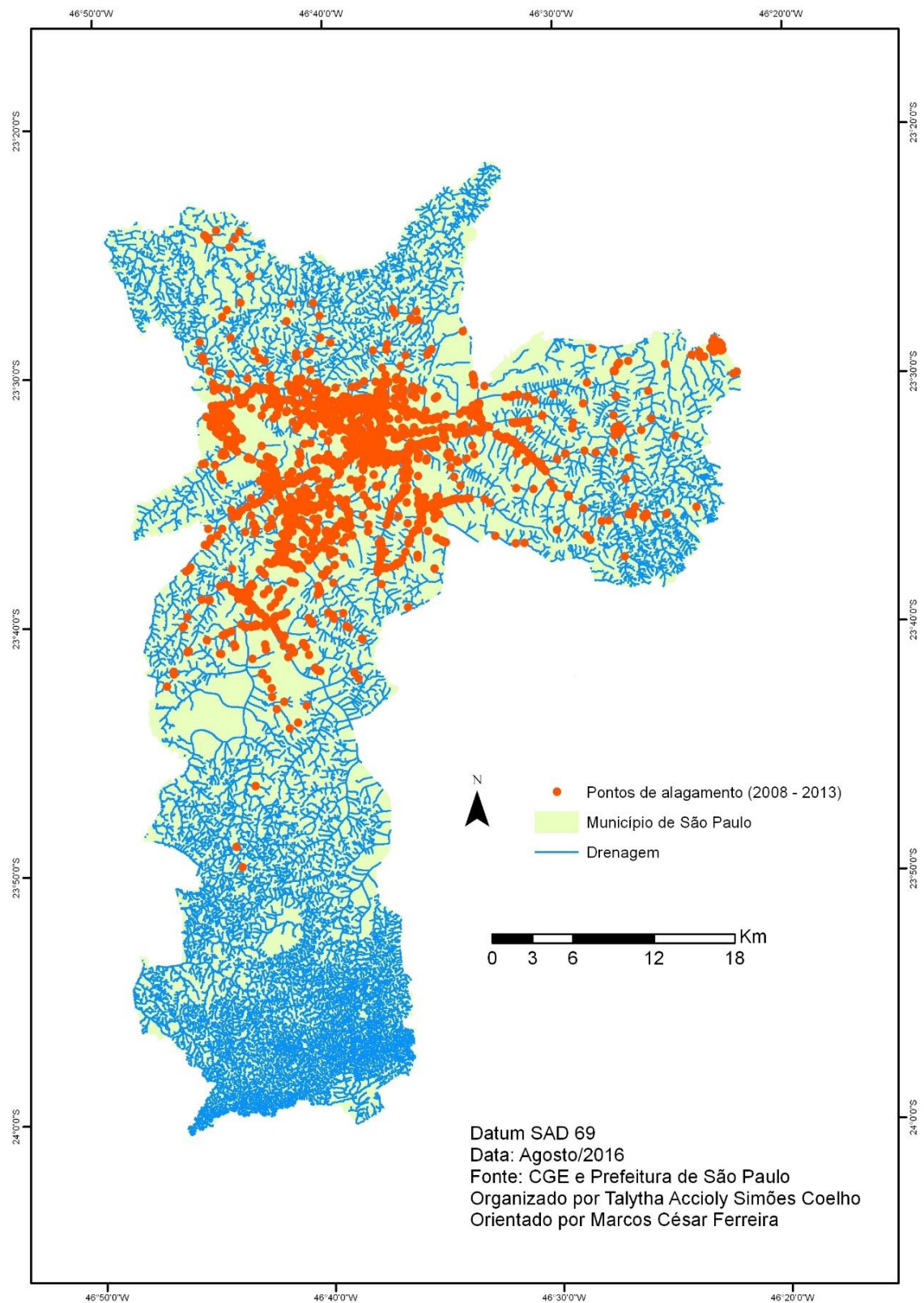


Figura 42 - Mapa de distribuição dos pontos de alagamento no município de São Paulo, acumulados no período 2008-2013, em relação à rede hidrográfica.

Após a análise do fenômeno em relação à rede hidrográfica, foi realizada uma avaliação da concentração dos eventos em distritos do município de São Paulo. Os distritos de São Paulo possuem diferentes áreas e, portanto, buscou-se ao máximo a redução da influência do tamanho do polígono na análise de densidade de pontos. Isso foi possível através da classificação dos dados pelo método de classificação do quintil, com densidades que variaram de 0 a 103 pontos/km² (Figura 43).

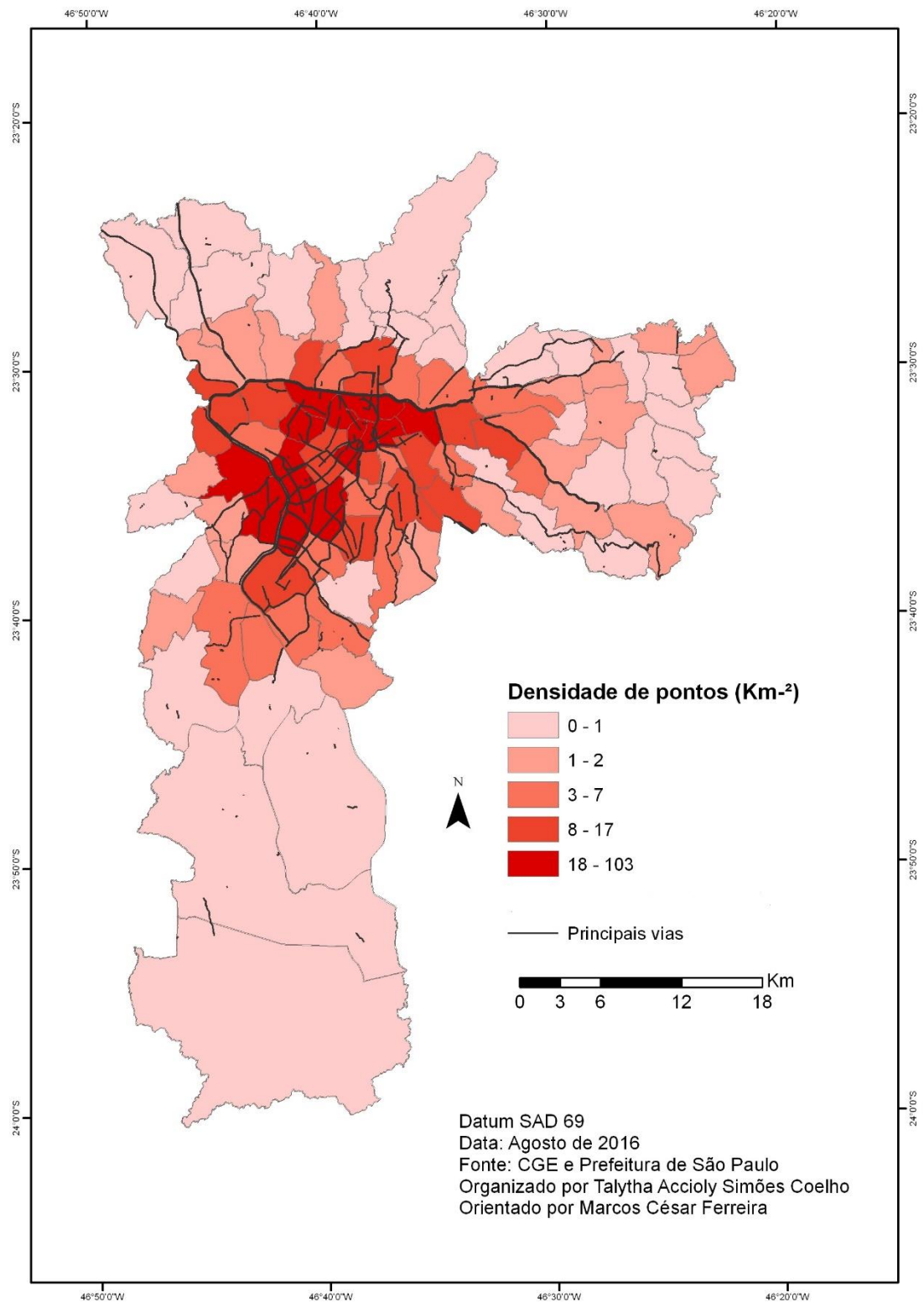


Figura 43 – Mapa da densidade de pontos de alagamento, registrados no período 2008 a 2013, por distrito do município de São Paulo.

Os três distritos com maiores densidades pertencem à subprefeitura da Sé: República (103 pontos/km²), Sé (60 pontos /km²) e Bom Retiro (56 pontos/km²). Estes distritos localizam-se ao longo das marginais Pinheiros e Tietê, e também, nas avenidas Salim Farah Maluf, Aricanduva, Brasil, Ibirapuera, Cruzeiro do Sul e Pacaembu.

6.3. Análise da Densidade Kernel

A partir dos resultados das etapas anteriores foi possível realizar o mapeamento das áreas com maiores densidades espaciais de pontos de alagamento, utilizando-se o estimador de densidade kernel, cujos mapas anuais são apresentados nas Figuras 44 a 49.

No mapa de 2008, da Figura 44, os maiores valores kernel ocorreram em distritos próximos ao rio Pinheiros (Itaim Bibi, Pinheiros, Morumbi e Butantã); Moema e em distritos próximos aos rios Tietê e Tamanduateí (Santana, Bom Retiro, Pari, Brás, Sé e República). Ainda o eixo do Tietê, valores elevados foram verificados em Barra Funda, Limão e Lapa. Na confluência Pinheiros e Tietê, também apresentaram densidade kernel elevada nos distritos de Vila Leopoldina, Pirituba, Lapa e São Domingos.

Em 2009 (Figura 45), as maiores densidades surgiram principalmente nos distritos situados nos vales Tietê e, na região central, como Barra Funda, Santa Cecília, Santana, Sé, República, Brás e Bom Retiro. Além destes, no vale do Pinheiros, destacam-se os distritos de Pinheiros, Morumbi, Itaim Bibi e Santo Amaro.

Já no ano de 2010 (Figura 46), os maiores valores de densidade kernel dos pontos de alagamento distribuíram-se mais dispersamente, com alguns agrupamentos próximos ao Tietê e Pinheiros, como Sé, República, Bom Retiro, Santa Cecília e Pari. Houveram manchas em Belém, Brás, Itaim Bibi, Moema, Pinheiros e Morumbi.

A Figura 47 ilustra a densidade de pontos de alagamento de 2011. Nesta data, além dos distritos destacados em anos anteriores, observou-se ocorrência em distritos próximos à represa de Guarapiranga, do córrego do Sapateiro, córrego do Mooca e rio Aricanduva. Os distritos com maiores valores são principalmente: Barra Funda, Bom Retiro, Sé, República, Brás, Belém, Pinheiros, Itaim Bibi, Moema e Butantã.

Em 2012 (Figura 48) as maiores densidades foram identificadas próximas ao rio Tietê e córrego do Anhangabaú, além de algumas concentrações próximas ao córrego do Sapateiro. Os distritos com maiores densidades foram Sé, República, Bom Retiro, Pari, Belém, Itaim Bibi, Pinheiros e Moema.

Na Figura 49, referente ao mapa de 2013, observa-se maior espalhamento das altas densidades, que atingiram Barra Funda, Pari, Santa Cecília, República, Sé, Brás, Consolação, Bela Vista, Pinheiros, Moema, Santo Amaro, Campo Grande e Vila Andrade.

O mapa da Figura 50 mostra a densidade kernel acumulada no período de 2008 a 2013 em relação aos distritos de São Paulo.

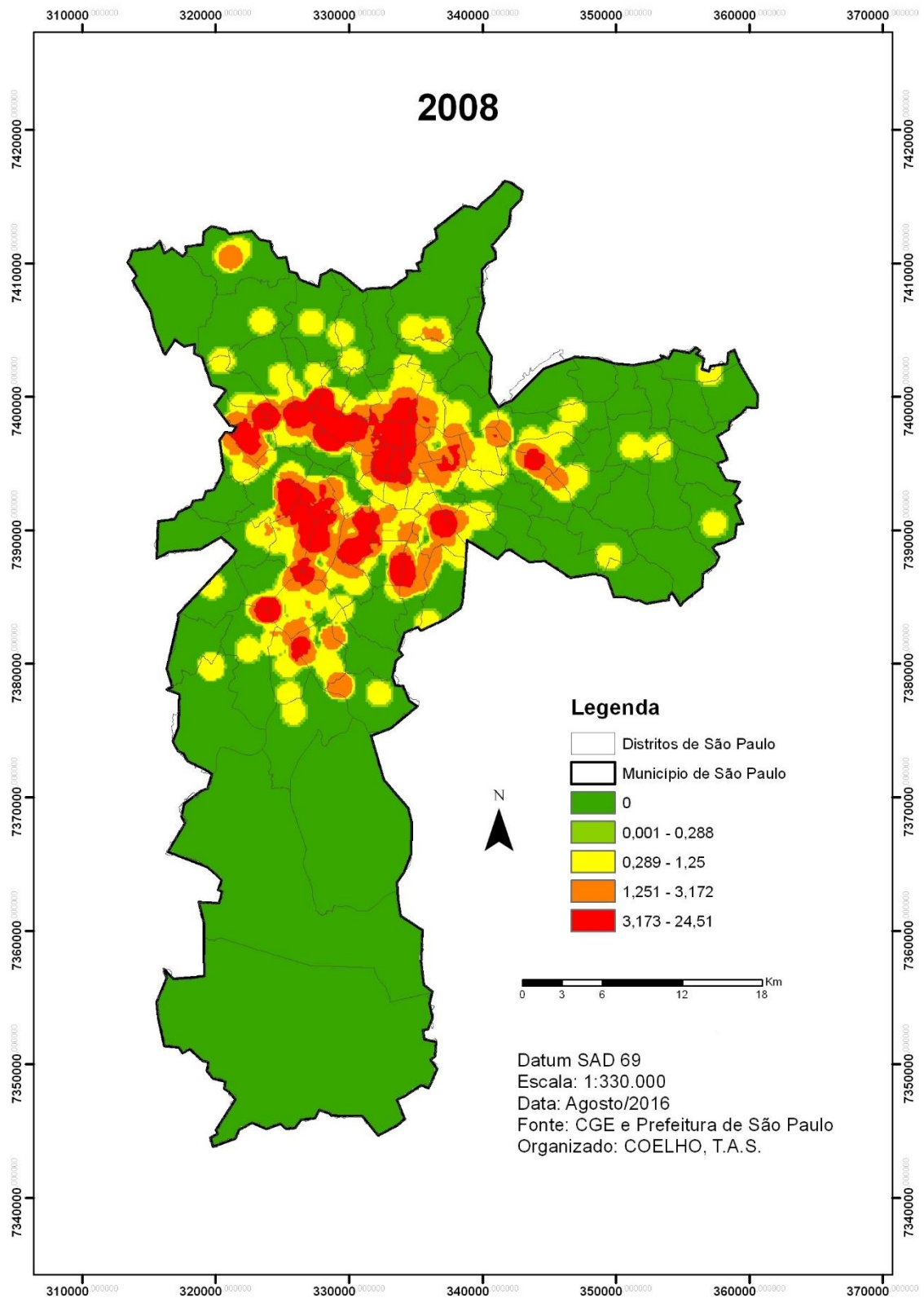


Figura 44 – Mapa de densidade kernel de pontos de alagamento do município de São Paulo no ano de 2008, e sua distribuição em relação aos distritos.

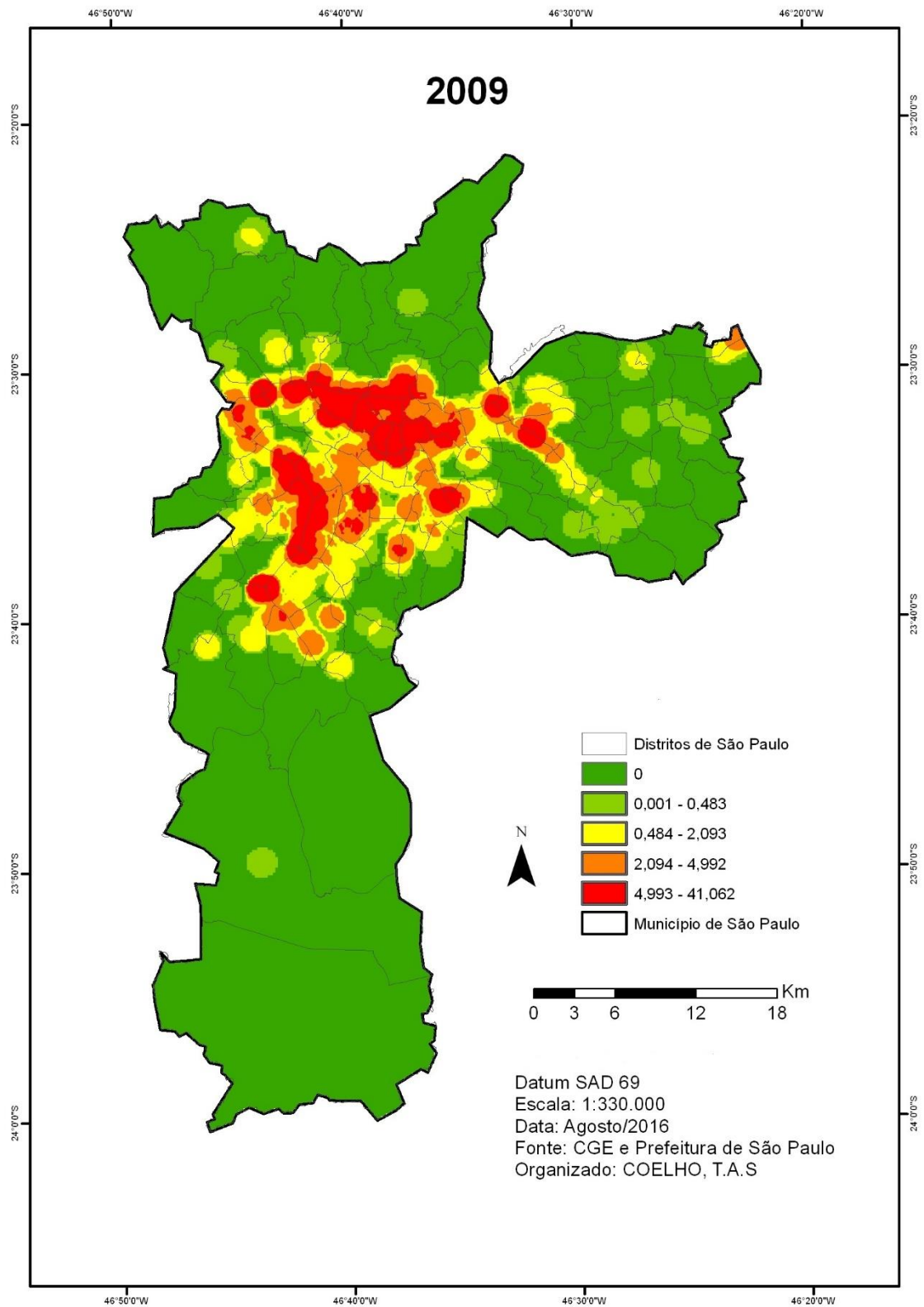


Figura 45 – Mapa de densidade kernel de pontos de alagamento do município de São Paulo no ano de 2009, e sua distribuição em relação aos distritos.

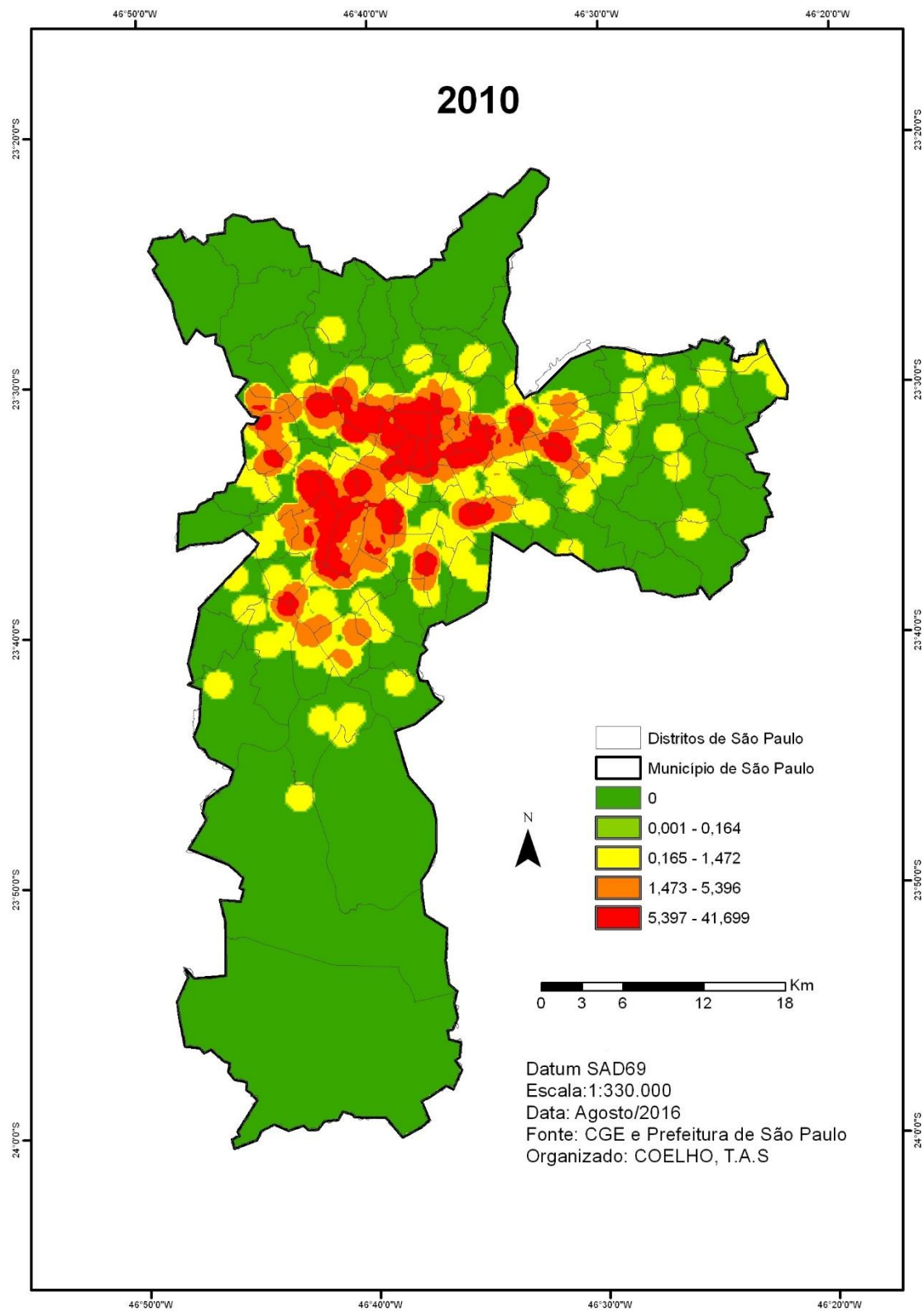


Figura 46 – Mapa de densidade kernel de pontos de alagamento do município de São Paulo no ano de 2010, e sua distribuição em relação aos distritos.

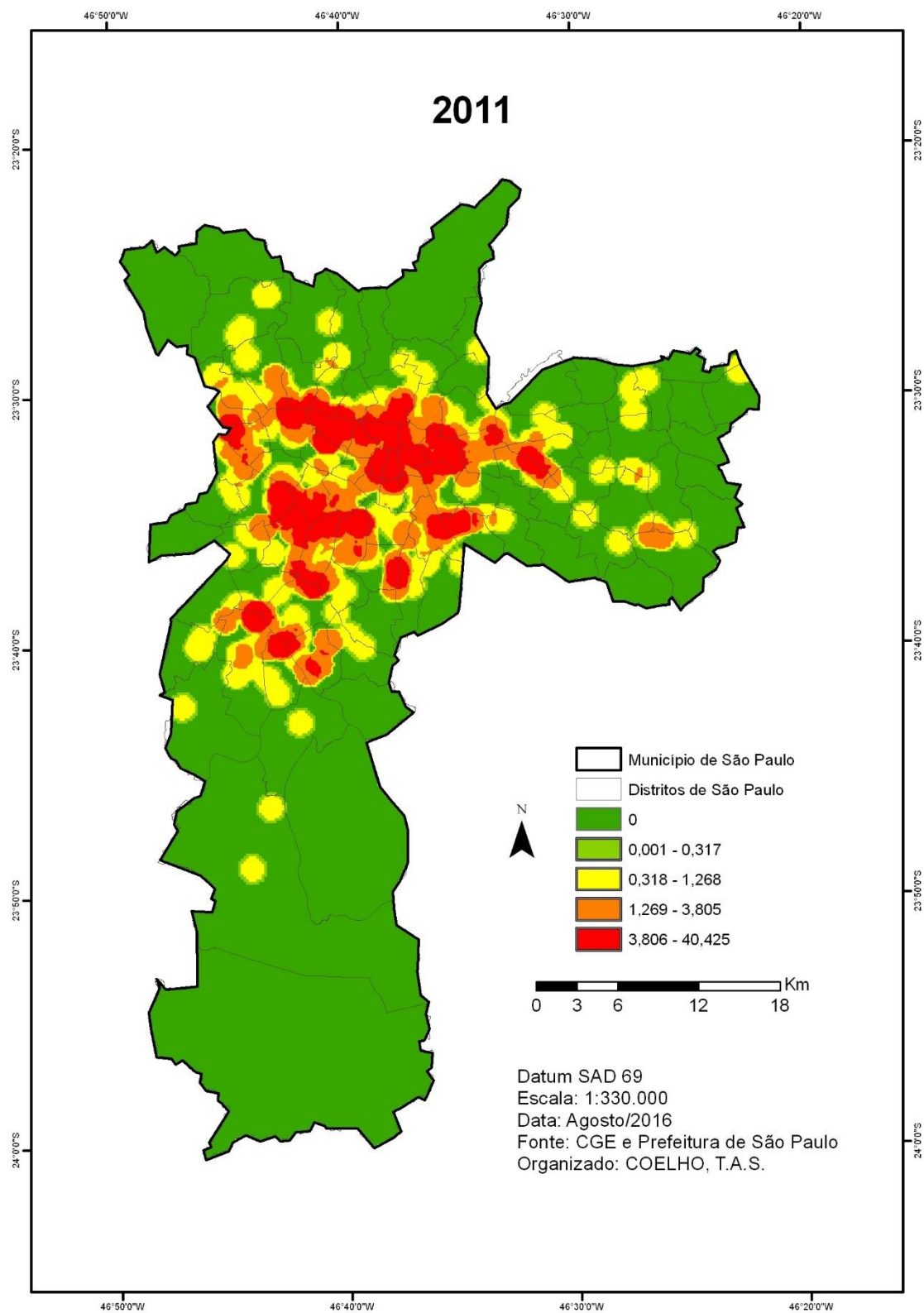


Figura 47 – Mapa de densidade kernel de pontos de alagamento do município de São Paulo no ano de 2011, e sua distribuição em relação aos distritos.

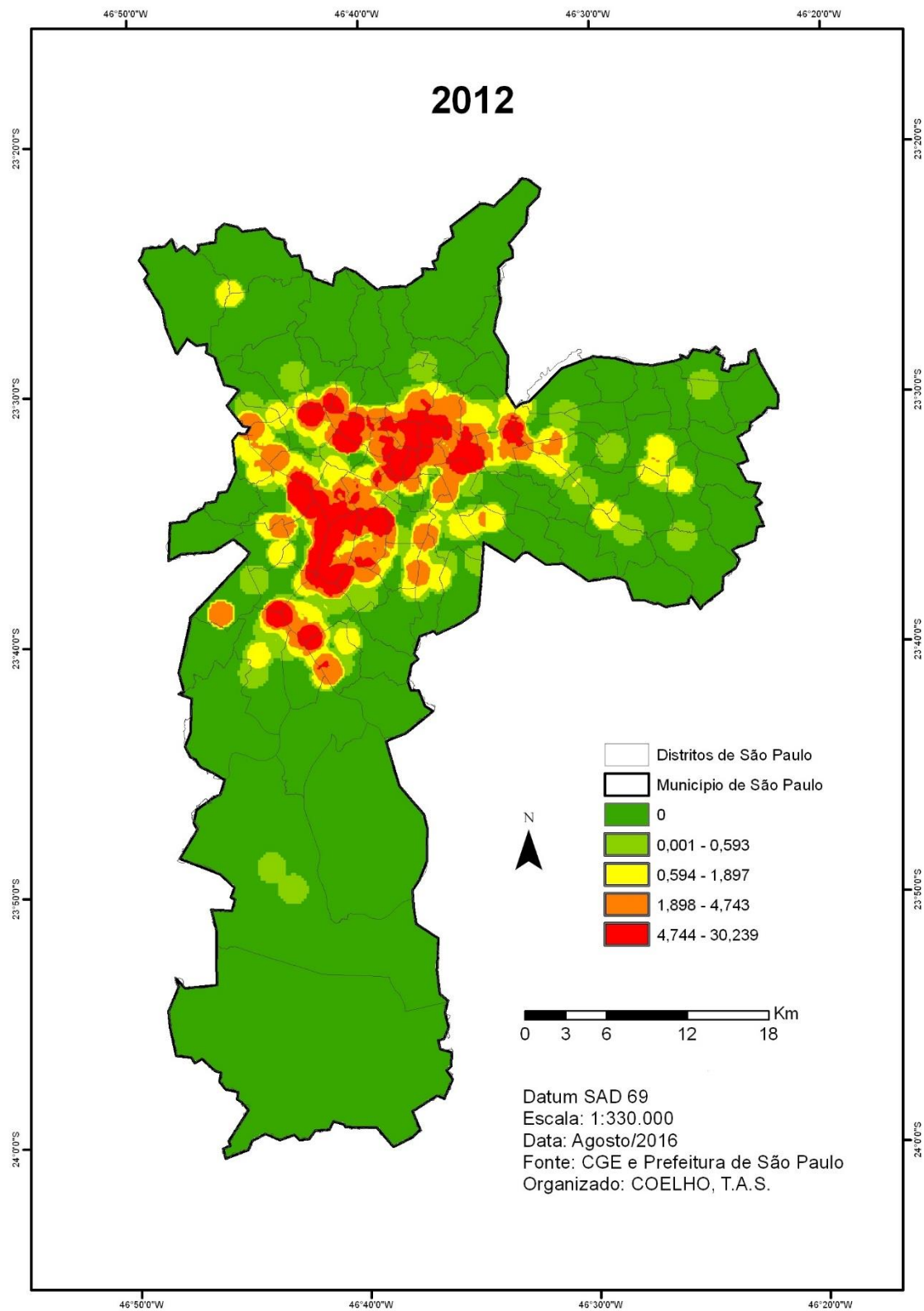


Figura 48 – Mapa de densidade kernel de pontos de alagamento do município de São Paulo no ano de 2012, e sua distribuição em relação aos distritos.

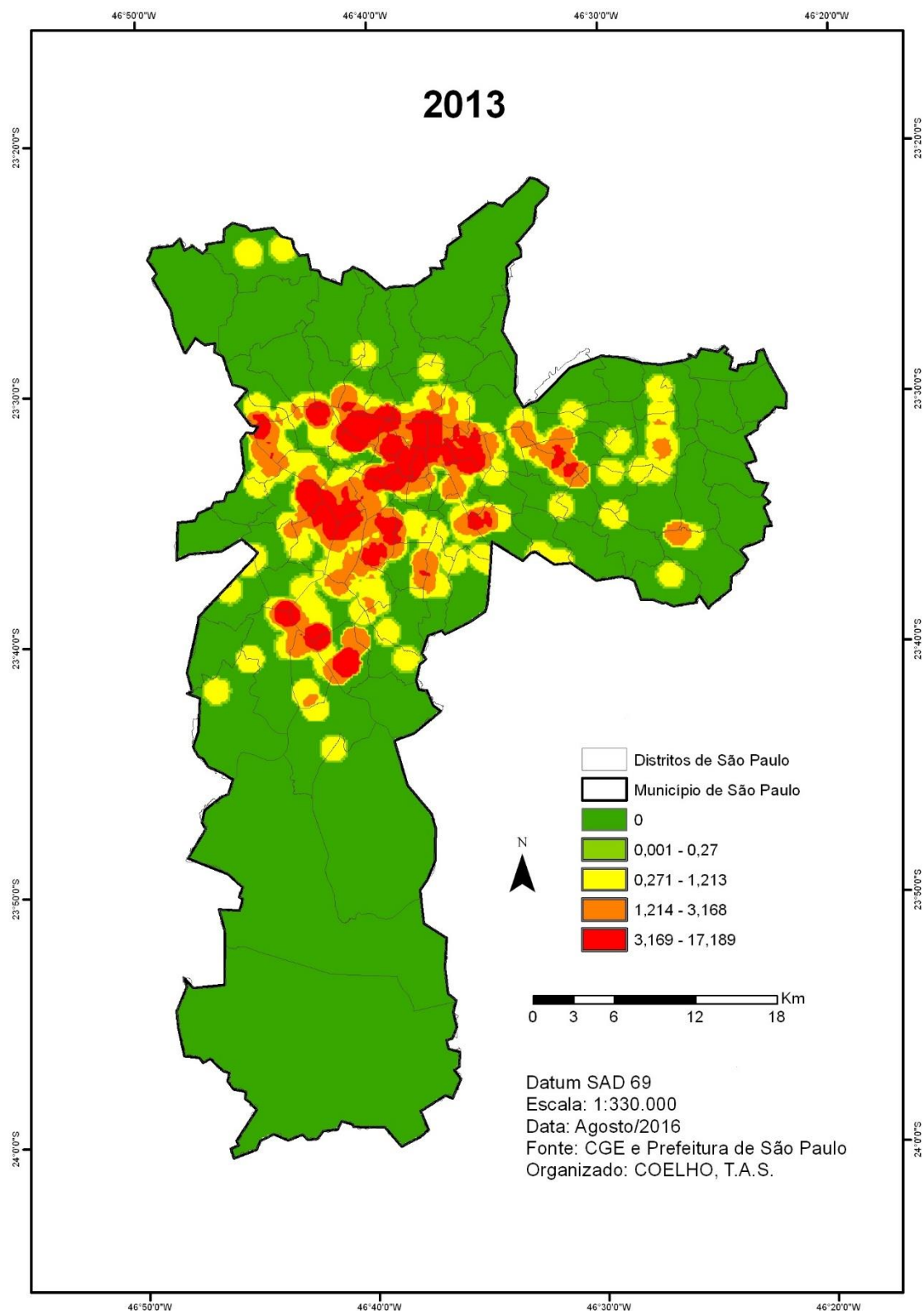


Figura 49 – Mapa de densidade kernel de pontos de alagamento do município de São Paulo no ano de 2013, e sua distribuição em relação aos distritos.

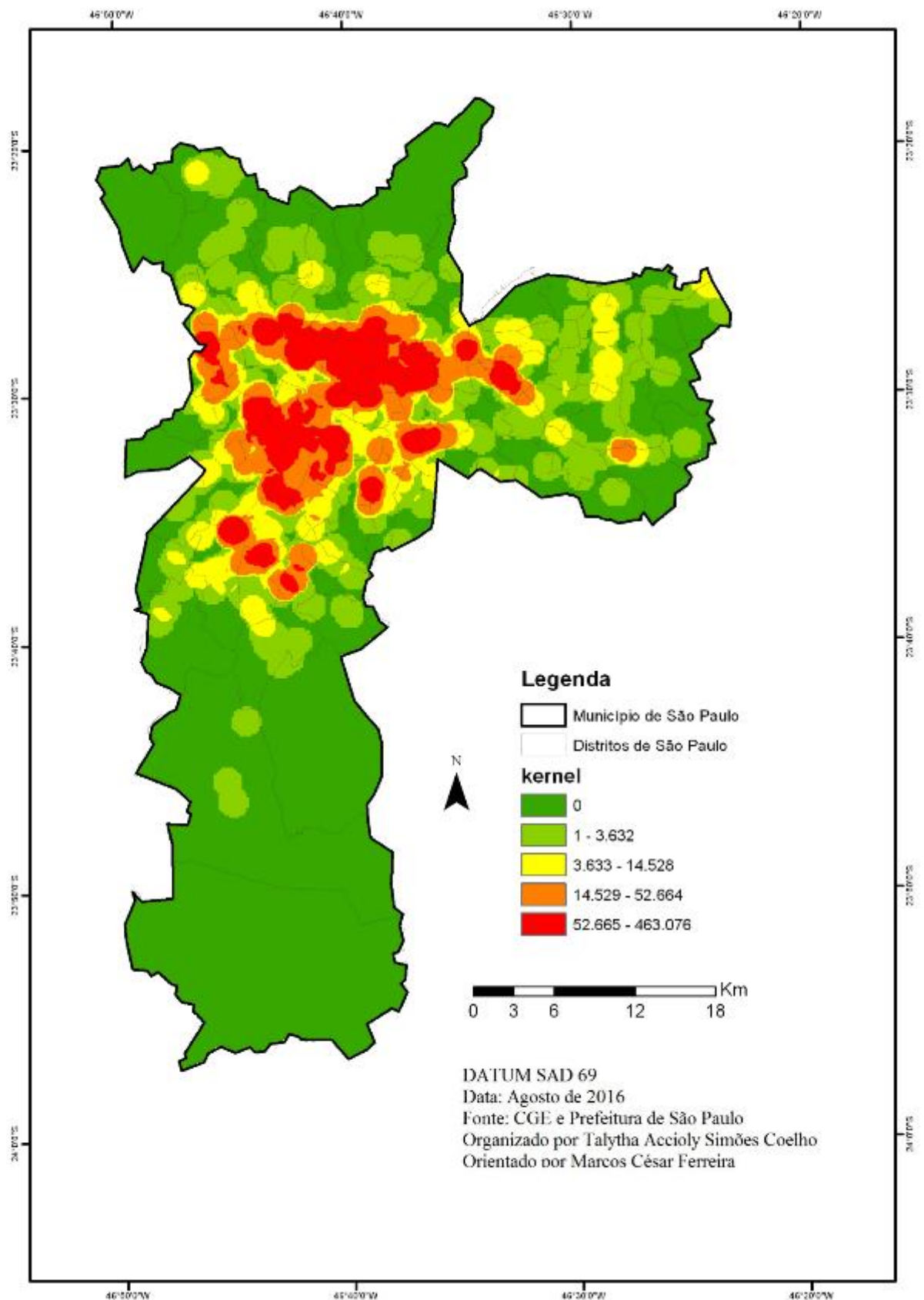


Figura 50 – Mapa de densidade kernel de pontos de alagamento do município de São Paulo, calculado a partir do total acumulado no período 2008-2013, e sua distribuição em relação aos distritos.

Pode-se observar na Figura 50, que a zona Central é a de maior densidade Kernel, principalmente nos distritos de Sé, República, Santa Cecília, Liberdade, Bela Vista e Bom Retiro. Na zona Oeste destaca-se o distrito de Jaguaré; a sudoeste, Santo Amaro; na zona Sul, Campo Belo; na zona Leste, Vila Matilde e Tatuapé; Nordeste, Jardim Helena; Sudeste, Vila Prudente; zona Norte, Santana; e Noroeste; Perus.

As maiores densidades são observadas em distritos com diferentes características de uso e ocupação do solo, e diferentes climas urbanos. Mas, possuem como característica comum, a presença de áreas com várzeas e corpos d'água importantes.

6.4. Os pontos de alagamento e o rio Tietê antes da retificação

A história de ocupação das várzeas dos rios Pinheiros e Tietê está associada a “desnaturalização” de suas margens e planícies, por meio de retirada da mata ciliar, retificação dos canais e reposicionamento de canais de ordens menores. Um exemplo dessa mudança nas características naturais dos corpos d'água pode ser observada na Figura 51, que representa parte da várzea do Tietê e seus meandros, na região do Carandiru, antes da sua retificação, em 1930. Sobre este mapa mais antigo foram espacializados pontos de alagamento, georreferenciados, acumulados de 2008 a 2013. Nota-se que a maioria dos alagamentos atuais ocorrem nas antigas várzeas e junto a meandros do Tietê, hoje urbanizados e impermeabilizados.



Figura 51 – Visualização da distribuição dos pontos de alagamento recentes, ocorridos entre 2008 e 2013, em área da várzea do Tietê próxima ao Carandiru, na base cartográfica de 1930. Fonte da base cartográfica de 1930: IDOETA et. al., 2004

6.5. Análise da distribuição espacial dos pontos de alagamento em relação ao uso do solo e ao zoneamento urbano

O mapa da Figura 52 representa a distribuição espacial dos pontos de alagamento acumulados entre 2008 e 2013, em relação as grandes classes de uso e cobertura do solo no município de São Paulo.

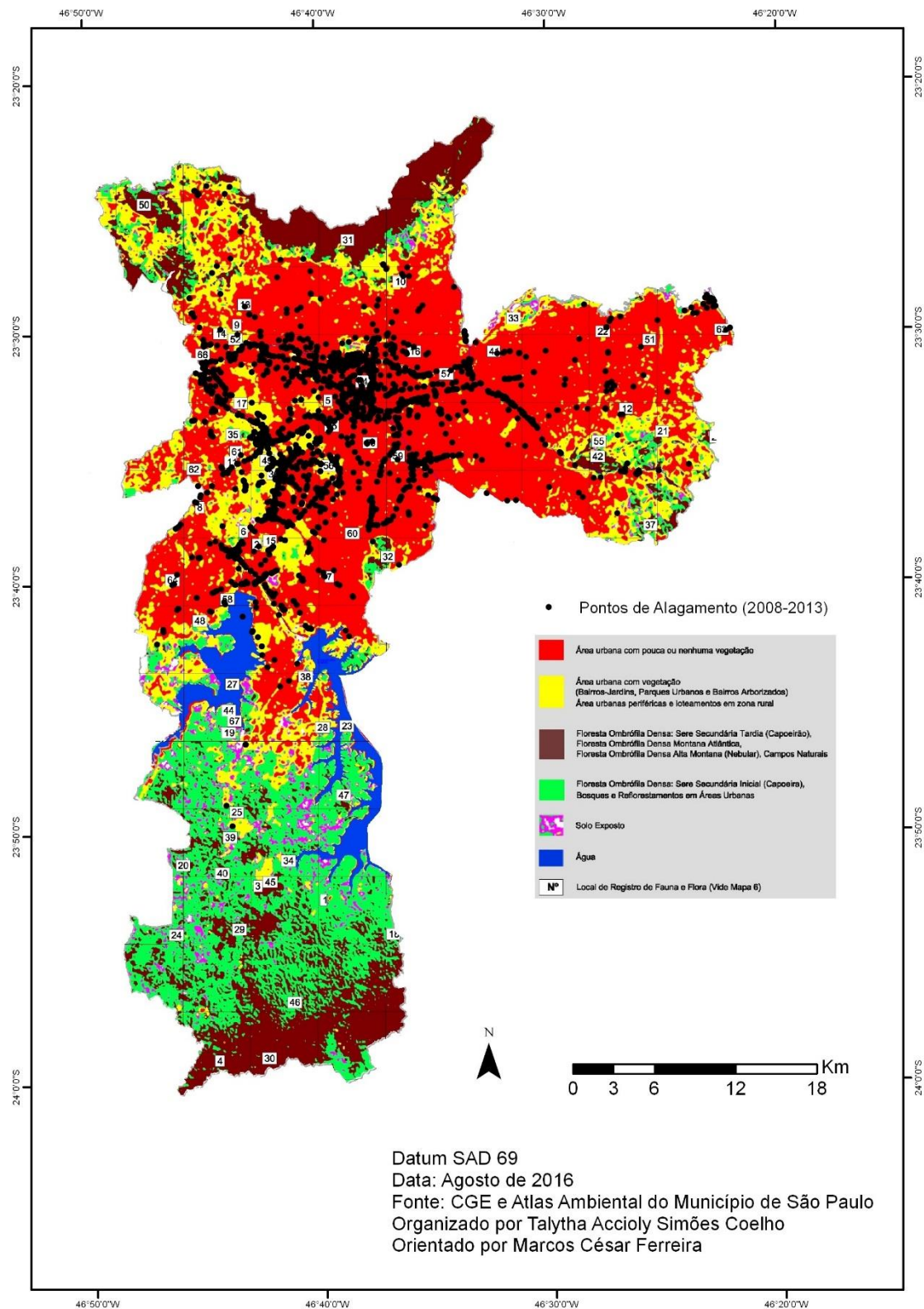


Figura 52 – Distribuição do total de pontos de alagamento (2008-2013) em relação ao uso e cobertura do solo no município de São Paulo. Fonte: Adaptado de Atlas Ambiental do município de São Paulo, 2002.

O mapa da Figura 52 mostra que quase a totalidade dos alagamentos ocorreu em áreas de baixa densidade de vegetação ou ausência total desta e alta densidade de áreas construídas. Tomando-se como referência o mapa kernel de alagamentos do ano 2008 a 2013, foram selecionados nove distritos onde a densidade foi relativamente mais elevada e que possuem diferentes características em relação ao zoneamento urbano e os tipos de uso do solo. Portanto foram estudados os distritos: Vila Leopoldina, Jaguaré, Santo Amaro, Itaim Bibi, Pinheiros, Carrão, Barra Funda, Santa Cecília e Bela Vista. (Figura 53). Os mapas detalhados do uso e cobertura do solo definidos no zoneamento, para cada distrito selecionado, são apresentados nas Figuras 54 a 62.

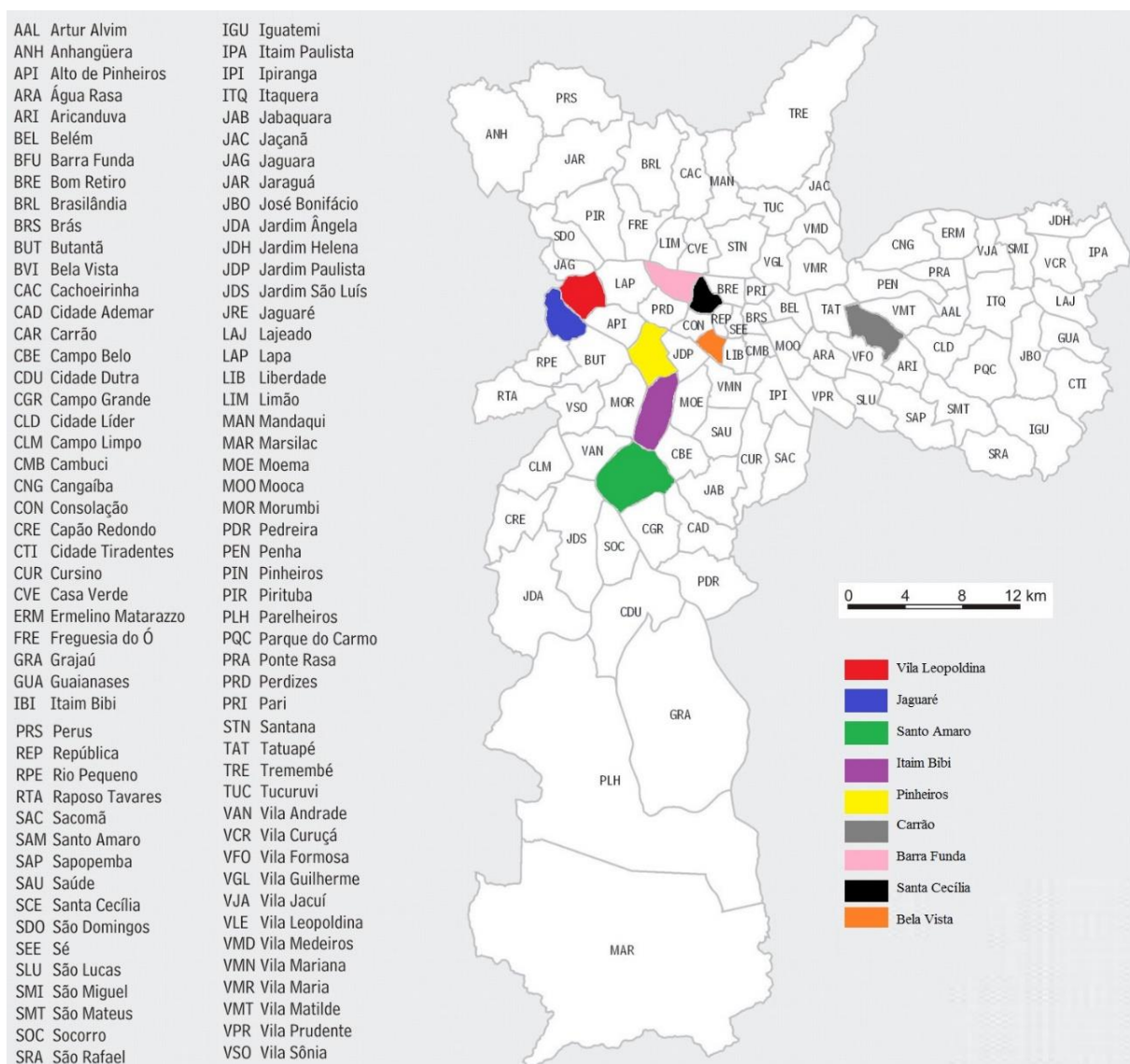


Figura 53 – Distritos do município de São Paulo com valores mais elevados de densidade kernel, selecionados para a análise do zoneamento. Fonte: Adaptado de CEM, 2008

A análise do zoneamento do distrito Vila Leopoldina é apresentada na figura 54.

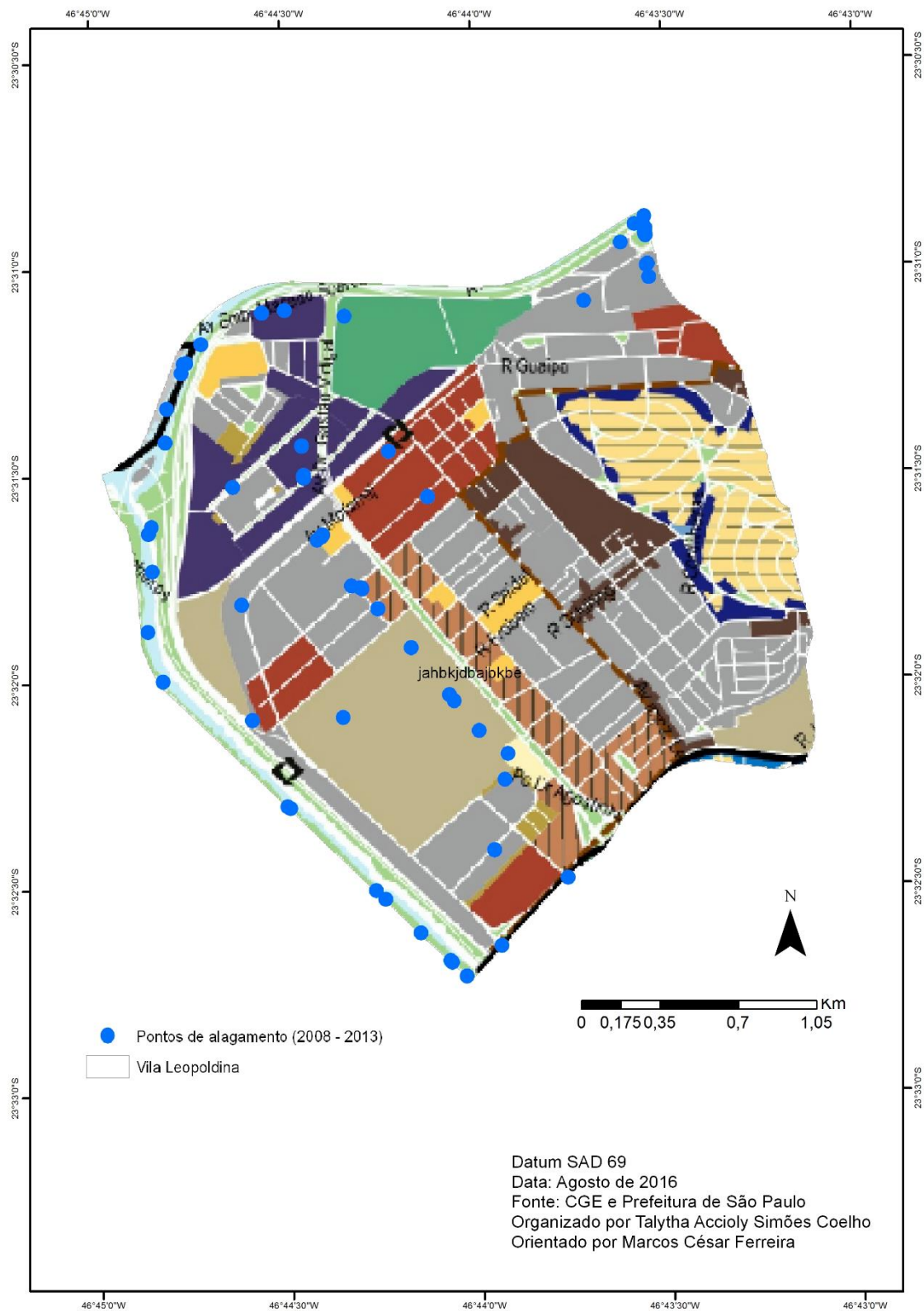


Figura 54 – Zoneamento do distrito Vila Leopoldina, proposto pelo Plano Diretor do município de São Paulo (2016), e distribuição dos pontos de alagamento mapeados entre 2008 e 2013. (Ver legenda no Anexo 1)

O mapa da Figura 54 mostra a localização dos pontos de alagamento registrados nos anos de 2008 a 2013 e o uso do solo definido pelo zoneamento presente no Plano Diretor de São Paulo. É possível perceber a concentração de ocorrências de alagamento principalmente ao oeste e norte do distrito. Os alagamentos ocorrem principalmente nas seguintes zonas: ZEM (Zona Eixo de Estruturação da Transformação Metropolitana), ZOE (Zonas de Ocupação Especial), ZPI-1 (Zona Predominantemente Industrial 1), ZMISA (Zona Mista de Interesse Social Ambiental) e ZEPAM (Zonas Especiais de Proteção Ambiental).

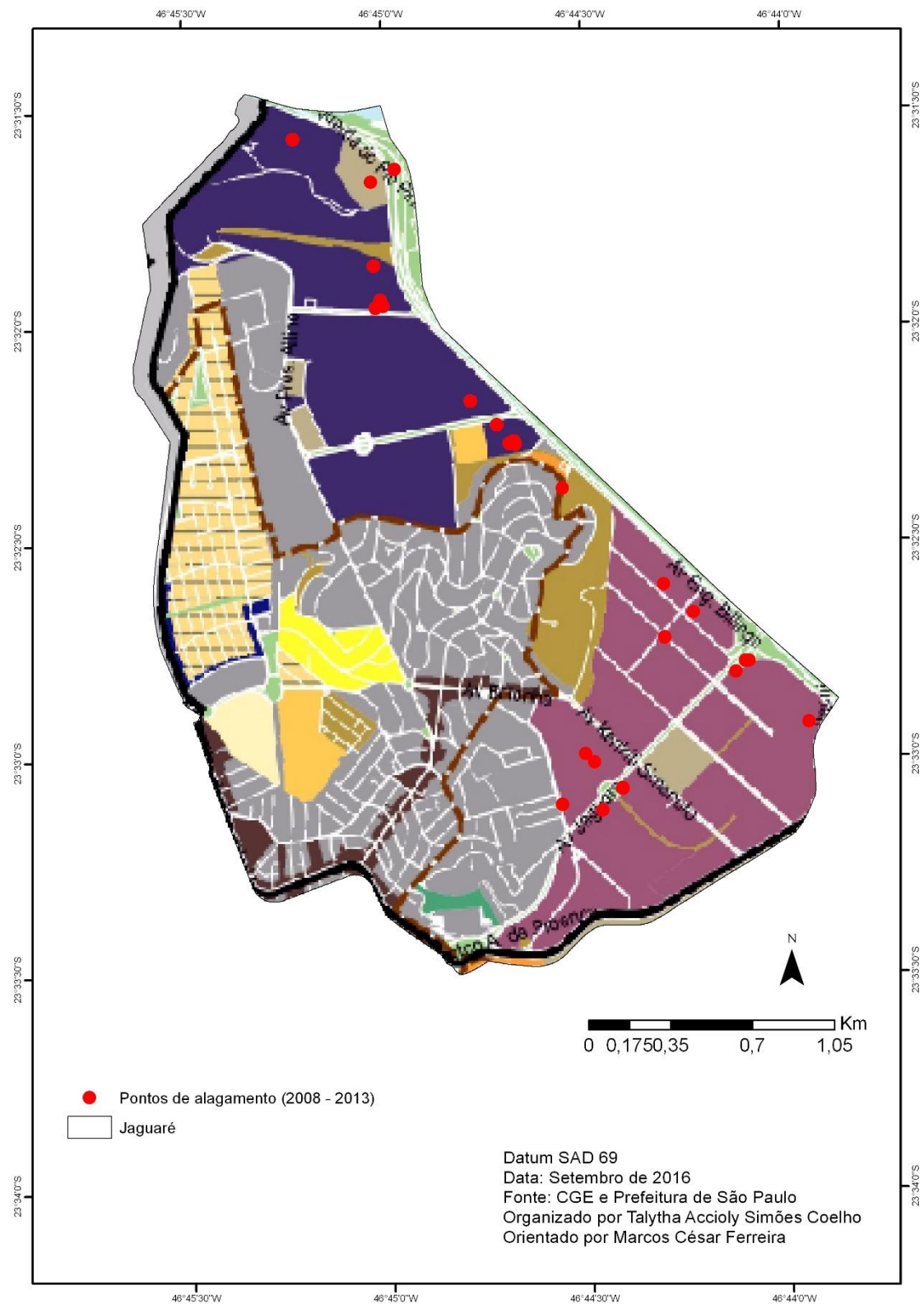


Figura 55 – Zoneamento do distrito Jaguaré, proposto pelo Plano Diretor do município de São Paulo (2016), e distribuição dos pontos de alagamentos mapeados entre 2008 e 2013. (Ver legenda no Anexo 1)

A Figura 55 apresenta a distribuição dos pontos de alagamento em Jaguaré. As categorias de zoneamento com maiores frequências de registros de alagamento foram: ZDE-2 (Zonas de Desenvolvimento Econômico), ZPI-1 (Zona Predominantemente Industrial 1) e ZOE (Zonas de Ocupação Especial).

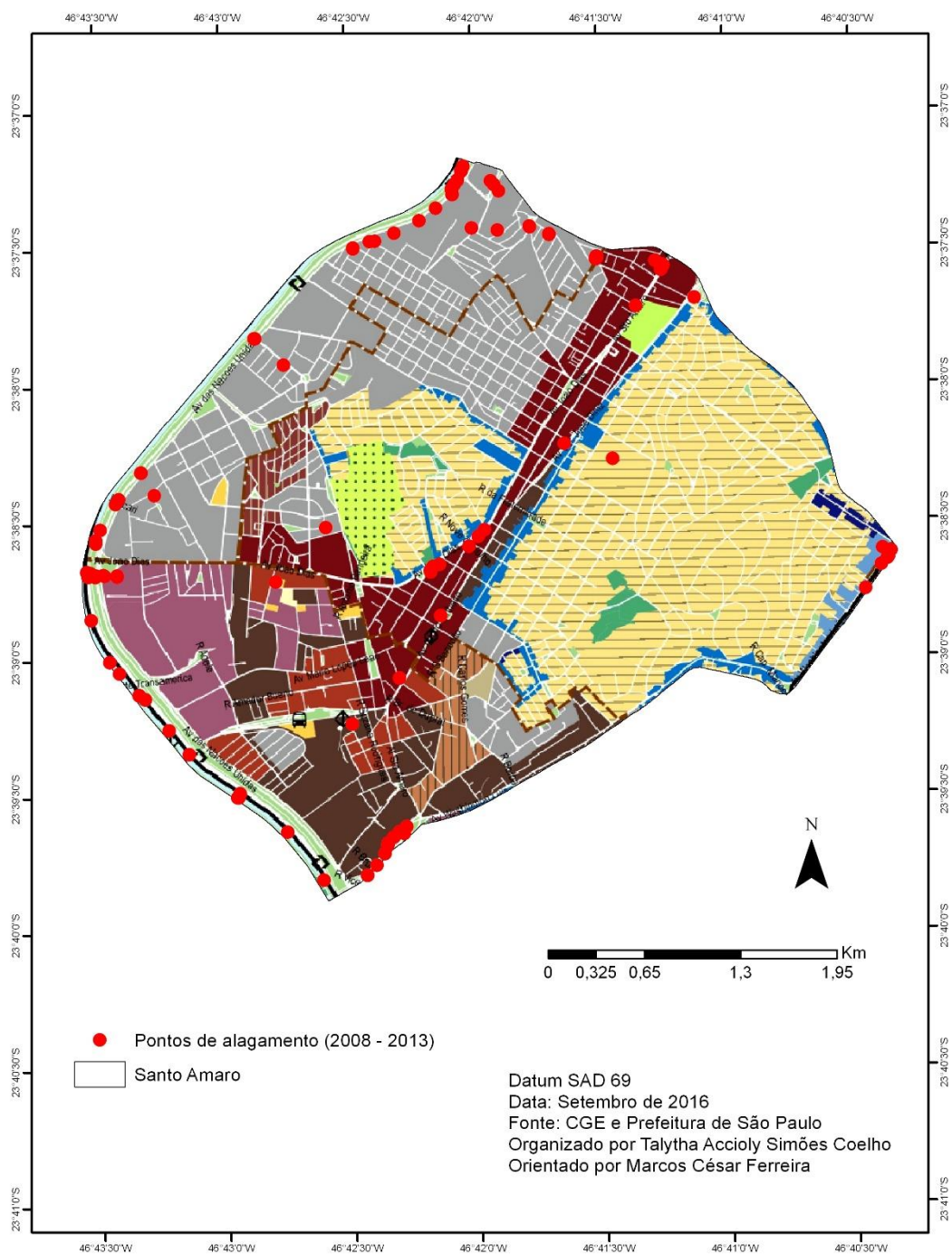


Figura 56 – Zoneamento do distrito Santo Amaro, proposto pelo Plano Diretor do município de São Paulo (2016), e distribuição dos pontos de alagamentos mapeados entre 2008 e 2013. (Ver legenda no Anexo 1)

O distrito de Santo Amaro (Figura 56) apresenta maior frequência de pontos ao longo de seus limites, acompanhando, principalmente, avenida das Nações Unidas. As zonas com maior predominância de alagamentos foram ZEU (Zonas Eixo de Estruturação da Transformação Urbana - zonas inseridas na Macrozona de Estruturação e Qualificação Urbana), ZC-ZEIS (Zonas de Centralidades - porções do território formadas pelos lotes lindeiros às vias que exercem estruturação local ou regional), ZCOR-3 (Zonas Corredores - trechos junto a vias que estabelecem conexões de escala regional), ZDE-2 (Zonas de Desenvolvimento Econômico), ZER-1 (Zonas Exclusivamente Residenciais - áreas destinadas exclusivamente ao uso residencial com predominância de lotes de médio porte) , ZM (Zonas Mistas).

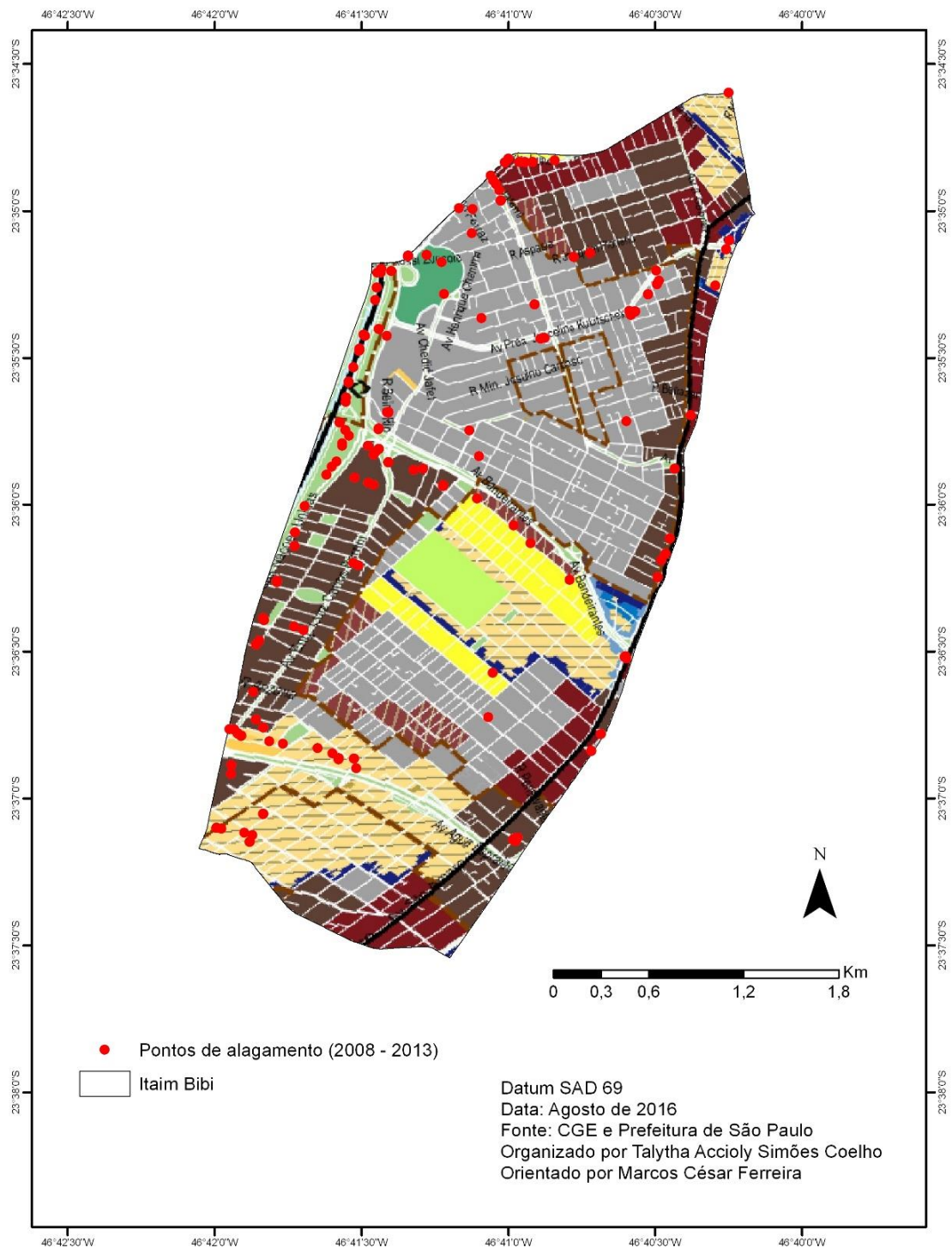


Figura 57 – Zoneamento do distrito Itaim Bibi, proposto pelo Plano Diretor do município de São Paulo (2016), e distribuição dos pontos de alagamentos mapeados entre 2008 e 2013. (Ver legenda no Anexo 1)

A Figura 57 apresenta localização de pontos de alagamento no distrito de Itaim Bibi. A maior frequência de alagamentos foi verificada nas zonas: ZEU (Zonas Eixo de Estruturação da Transformação Urbana), ZC-ZEIS (Zonas de Centralidades - porções do território formadas pelos lotes lindeiros às vias que exercem estruturação local ou regional), ZCOR-1 (Zona Corredor 1), ZPR (Zonas Predominantemente Residenciais), ZER-1 (Zona Exclusivamente Residencial 1), ZM (Zonas Mistas), ZEPAM (Zonas Especiais de Proteção Ambiental).

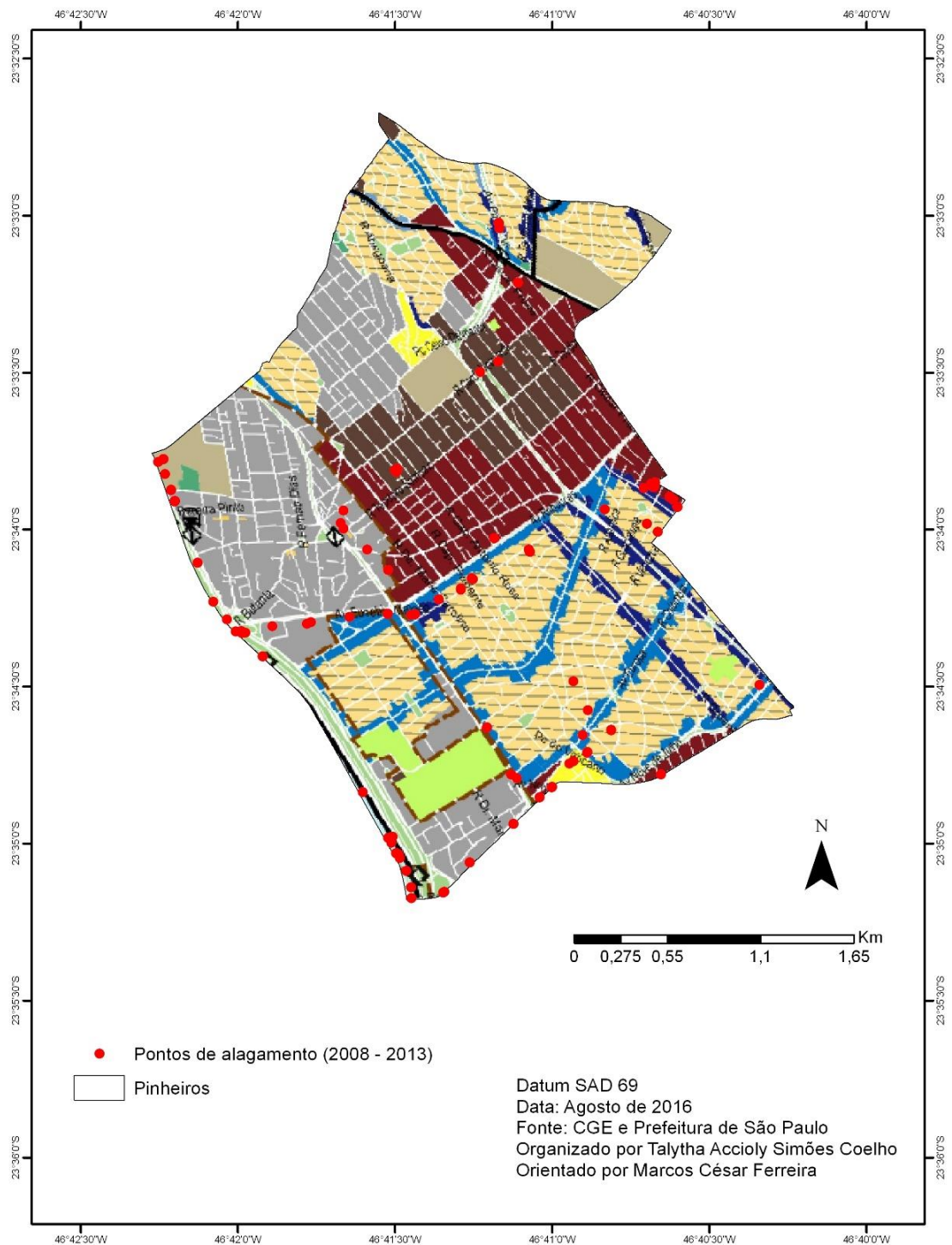


Figura 58 – Zoneamento do distrito Pinheiros, proposto pelo Plano Diretor do município de São Paulo (2016), e distribuição dos pontos de alagamentos mapeados entre 2008 e 2013. (Ver legenda no Anexo 1)

O mapa da Figura 58 mostra a distribuição de pontos de alagamento no distrito de Pinheiros. Observou-se que os pontos de alagamento ocorreram, principalmente, nas zonas ZEU (Zonas Eixo de Estruturação da Transformação Urbana), ZC (Zonas de Centralidades), ZCOR-1 (Zona Corredor 1), ZCOR-2 (Zona Corredor 2), ZOE (Zonas de Ocupação Especial), ZER-1 (Zona Exclusivamente Residencial 1), ZMISA (Zona Mista de Interesse Social Ambiental).

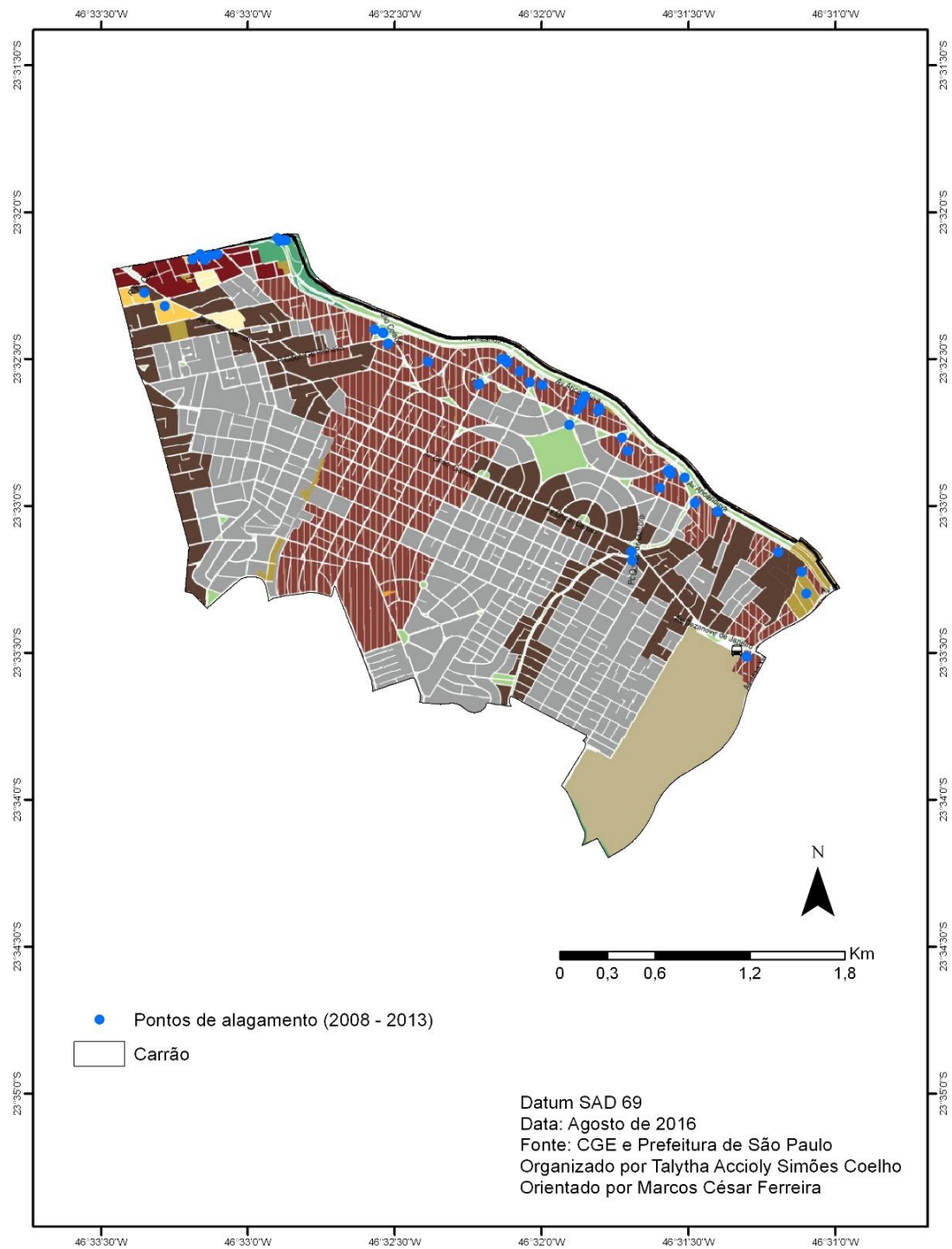


Figura 59 – Zoneamento do distrito Carrão, proposto pelo Plano Diretor do município de São Paulo (2016), e distribuição dos pontos de alagamentos mapeados entre 2008 e 2013. (Ver legenda no Anexo 1)

A Figura 59 representa as ocorrências de alagamento em relação ao zoneamento do Plano Diretor de São Paulo. As zonas presentes em Carrão são ZEU, ZEUP, ZC, ZEIS-1, ZEIS-3, ZEIS-5, ZMISA, ZEPAM, praças e canteiros, terminal de ônibus. O norte do distrito, mais especificamente ao longo da avenida Aricanduva, foi a região mais atingida durante o período de 2008 a 2013. As zonas com maior densidade de alagamentos foram: ZEU (Zonas Eixo de Estruturação da Transformação Urbana), ZEUP (Zonas Eixo de Estruturação da Transformação Urbana - zonas inseridas na Macrozona de Proteção e Recuperação Ambiental), ZEIS-1 (Zonas Especiais de Interesse Social) e ZEIS-3 (Zonas Especiais de Interesse Social).

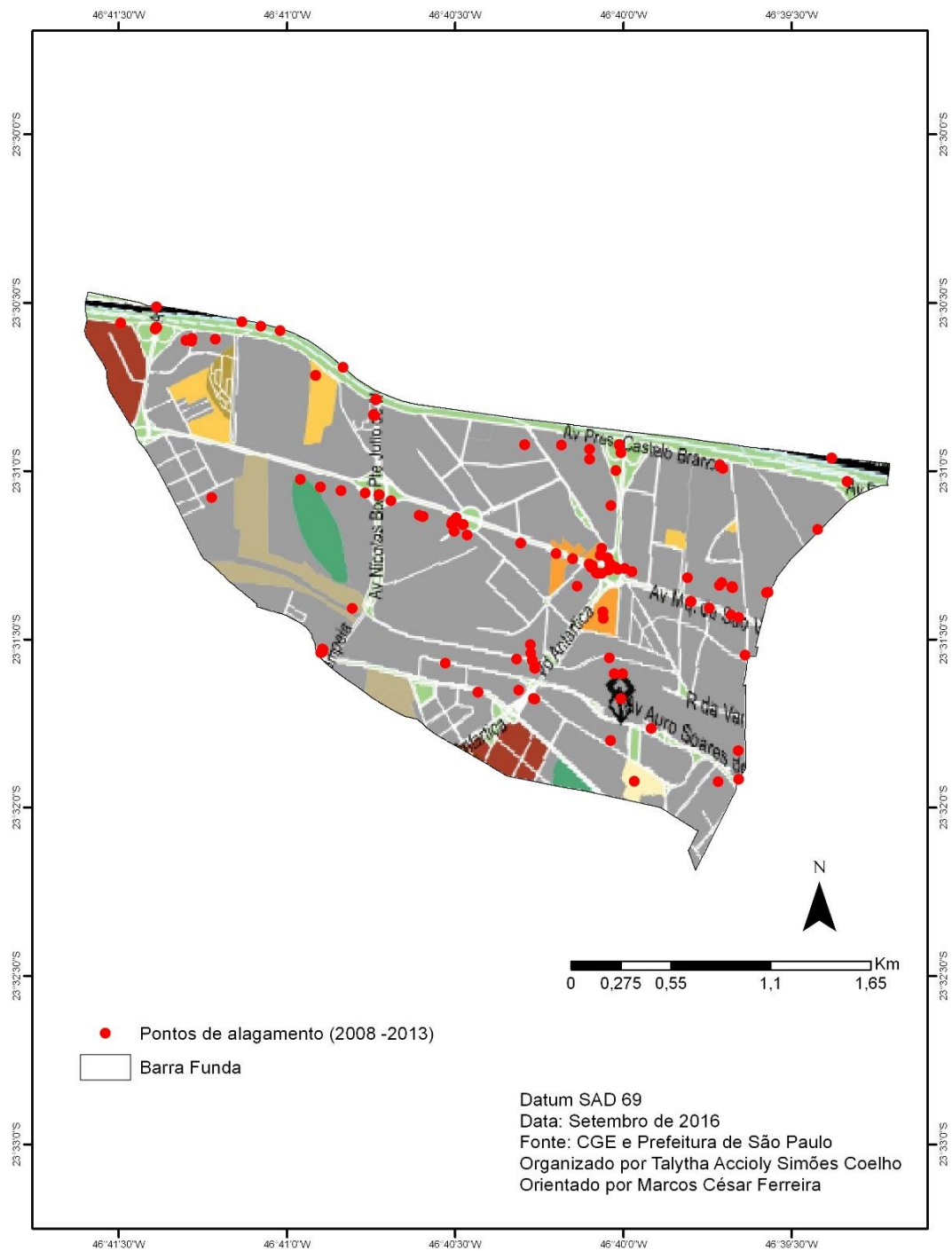


Figura 60 – Zoneamento do distrito Barra Funda, proposto pelo Plano Diretor do município de São Paulo (2016), e distribuição dos pontos de alagamentos mapeados entre 2008 e 2013. (Ver legenda no Anexo 1)

O distrito Barra Funda e os respectivos pontos de alagamentos são apresentados na Figura 60. A maior ocorrência de pontos deu-se ao longo das avenidas, principalmente próximo ao viaduto Antártica. As zonas mais atingidas foram ZEIS-2 (Zonas Especiais de Interesse Social) e ZM (Zonas Mistas).

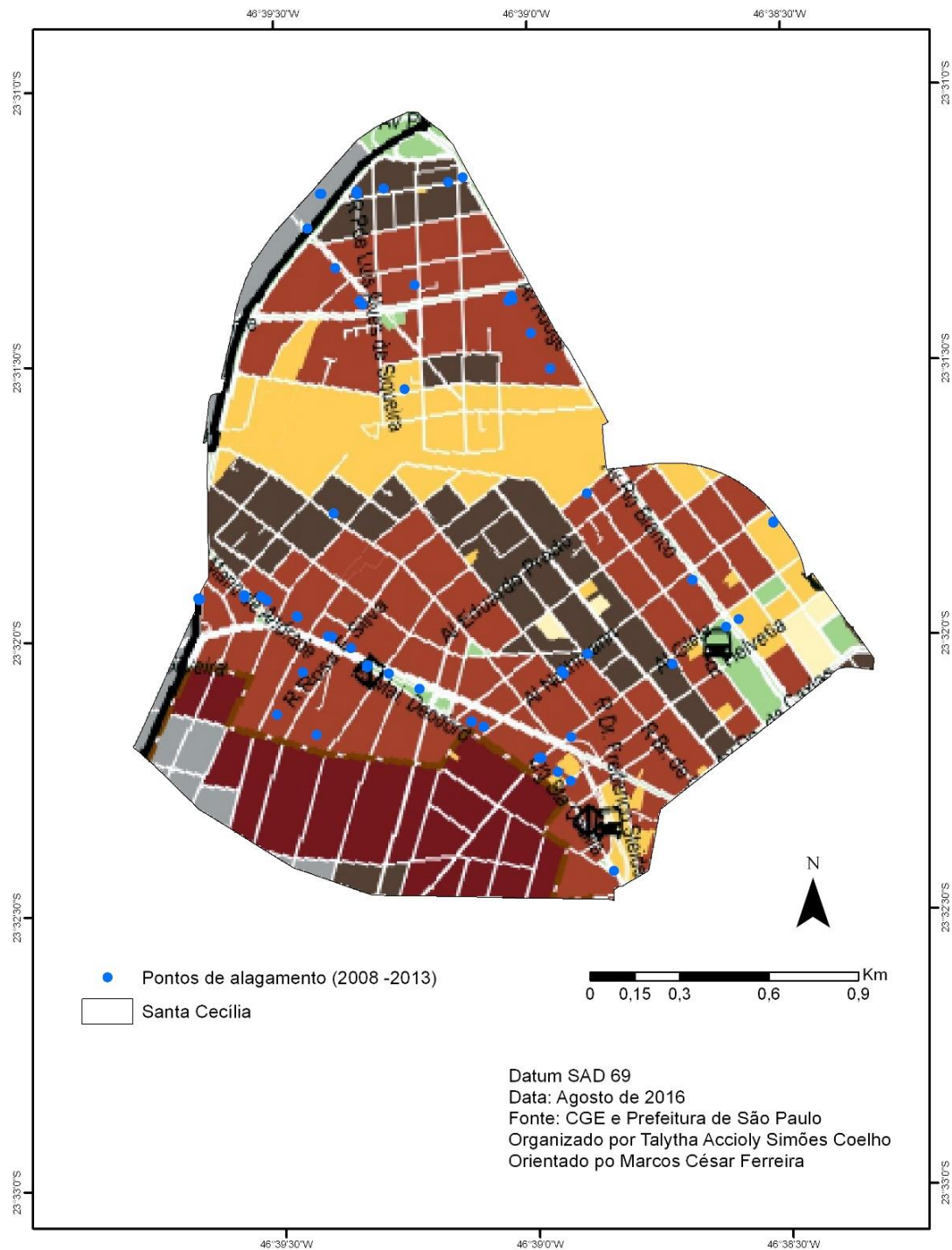


Figura 61 – Zoneamento do distrito Santa Cecília, proposto pelo Plano Diretor do município de São Paulo (2016), e distribuição dos pontos de alagamentos mapeados entre 2008 e 2013. (Ver legenda no Anexo 1)

Na Figura 61 é apresentado o mapa de zoneamento associado aos pontos de alagamento no distrito Santa Cecília. A maior predominância do fenômeno deu-se nas zonas ZEM (Zona Eixo de Estruturação da Transformação Metropolitana), ZEIS-3 (Zonas Especiais de Interesse Social) e ZMISA (Zona Mista de Interesse Social Ambiental).

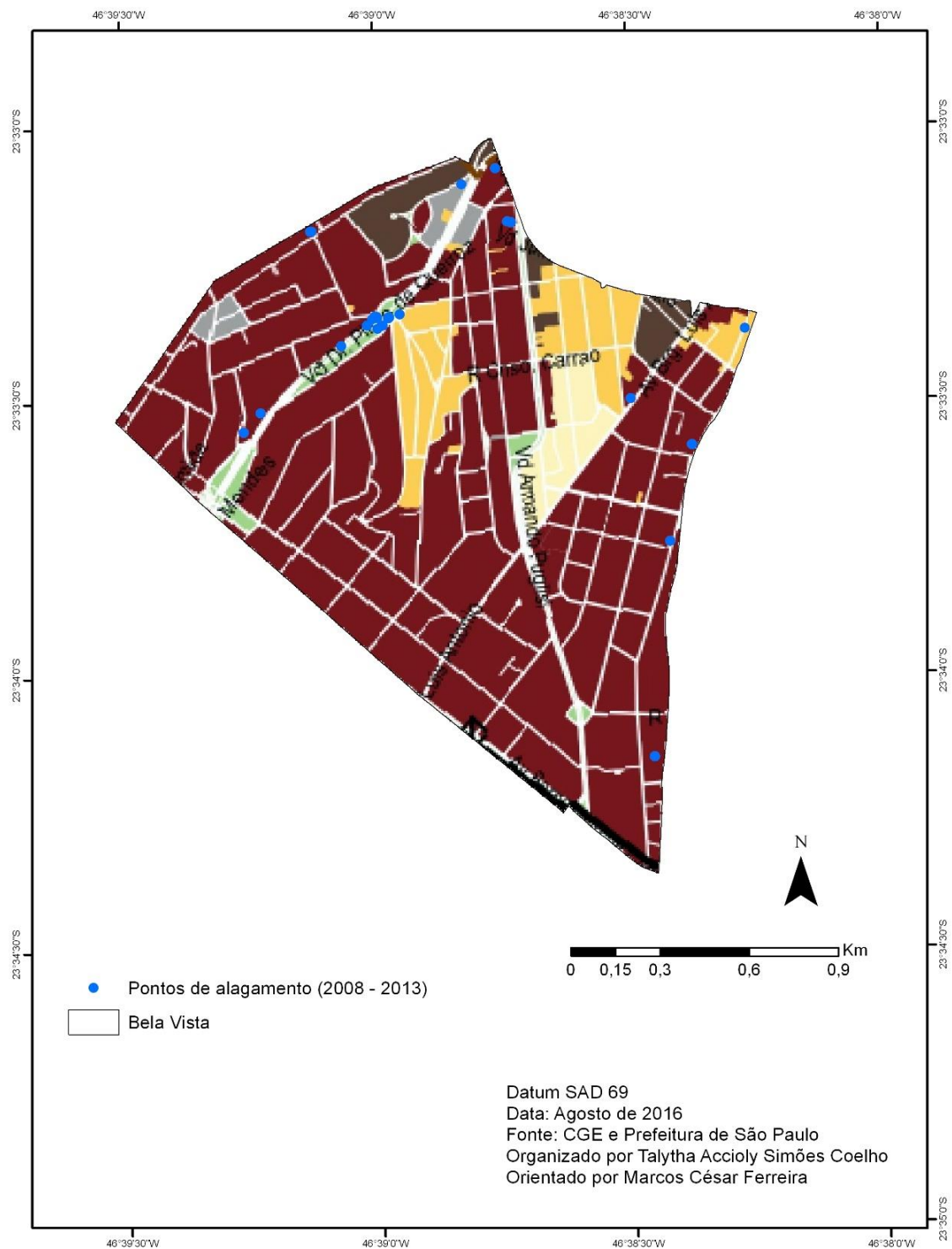


Figura 62 – Zoneamento do distrito Bela Vista, proposto pelo Plano Diretor do município de São Paulo (2016), e distribuição dos pontos de alagamentos mapeados entre 2008 e 2013. (Ver legenda no Anexo 1)

Na Bela Vista (Figura 62) as maiores ocorrências deram-se próximo ao viaduto Dr. Plínio de Queiroz. As maiores quantidades de registros de alagamento tiveram lugar na ZEU (Zonas Eixo de Estruturação da Transformação Urbana).

As zonas do Plano diretor 2016 do município de São Paulo que apresentaram maiores ocorrências de alagamento nos distritos estudados foram ZEU, ZEM, ZM, ZEIS-3, ZOE, ZER-1, além da grande presença em praças e canteiros, que obtiveram as maiores frequências de pontos registrados no período de 2008 a 2013.

ZEU (Zonas Eixo de Estruturação da Transformação Urbana)

Tem como principal característica os usos residenciais e não residenciais em áreas com grande densidade demográfica, são áreas que necessitam de um sistema de transporte público coletivo eficiente, e buscam além disso, melhorias na qualidade dos espaços e paisagens urbanas.

ZEM (Zona Eixo de Estruturação da Transformação Metropolitana)

São porções do território inseridas na Macroárea de Estruturação; está relacionado também aos usos não residenciais e residenciais, mas com disciplina especial para operações urbanas consorciadas e intervenções urbanas.

ZM (Zona Mista)

São áreas não residenciais e residências que possuem densidades construtivas e demográfica baixas e médias.

ZEIS-3 (Zonas Especiais de Interesse Social)

Uma das cinco subdivisões de usos especiais de interesse social que estão relacionadas às regiões de moradia para população de baixa renda, buscando melhorias tanto urbanísticas, como ambiental, serviços, infraestrutura e fundiária.

ZOE (Zonas de Ocupação Especial)

Relacionado a locais que possuem predominantemente atividades especiais, como presença de aeroportos, centro de convenções, esportes, lazer, entre outros. O zoneamento ZER-1 (Zonas Exclusivamente Residenciais 1) tem como característica a ocorrência exclusivamente residencial com habitações unifamiliares e com baixa densidade demográfica, mais especificamente com lotes de médio porte.

CONCLUSÕES

O uso da metodologia de análise geoespacial baseada em densidade kernel mostrou-se eficiente para identificar áreas e mapear superfícies com elevadas concentrações de alagamentos, vinculando-as a logradouros e zonas urbanas.

A elevada densidade de alagamentos na área urbana de São Paulo é resultado da ineficiência na solução de problemas hidrológicos e de mobilidade da população; rápido crescimento e adensamento urbano; ocupação desordenada das várzeas, e, a “desnaturalização” dos corpos d’água – fatores que, em conjunto, resultaram na ineficiência da micro e macrodrenagens urbanas.

As maiores concentrações de pontos de alagamento registrados estão associadas aos corpos d’água e às grandes vias de circulação implantadas em fundos de vale, atingindo não só a população residente, mas também, aquela que está em movimento.

Durante o período estudado, observou-se também que a quantidade de alagamentos está diretamente associada ao regime pluviométrico.

As maiores densidades kernel de alagamentos foram observadas nos distritos da Sé, República e Bom Retiro, entre outros. As zonas urbanas mais afetadas foram: ZEU, ZEM, ZM, ZEIS-3, ZOE, ZER-1 e áreas de praças e canteiros. Estas zonas apresentaram características heterogêneas, desde áreas com usos exclusivamente residenciais, até aquelas com usos especiais. Abrangeram também, vários estratos sociais da população - de baixa a alta renda - além da população em circulação nas vias afetadas.

Sugere-se que novas pesquisas avaliem outros fatores associados a danos causados pelos alagamentos, nas áreas mapeadas pelo método kernel, tais como: perfil socioeconômico da população; nível de conhecimento e informação em relação ao evento de alagamento e infraestrutura urbana.

BIBLIOGRAFIA

AB'SABER, A.N. **Geomorfologia do sítio urbano de São Paulo**. Ateliê Editorial. Cotia, SP, 2007

ADASA - Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. **Drenagem de águas pluviais**. Disponível em: < http://www.adasa.df.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=840:drenagem-de-aguas-pluviais&catid=74&Itemid=316 > acessado em janeiro de 2016

ALVES FILHO, P.A. As enchentes. In: **Os climas na cidade de São Paulo-teoria e prática**. Coleção Novos Caminhos. Universidade de São Paulo: laboratório de climatologia, 2001

ALVES FILHO, P.A & RIBEIRO, H. A percepção do caos urbano, as enchentes e as suas repercussões nas políticas públicas da região metropolitana de São Paulo. **Saúde e sociedade**, v.15, n3 – USP, São Paulo, 2006

AMORIM, L.M. & CORDEIRO, J.S. Impactos ambientais provocados pela ocupação antrópica de fundos de vale. **Saneamento ambiental**. Vol. 111, p 40-46, 2005

AMORIM, M.C.C.T. Risco climático e planejamento urbano. In: **Climatologia urbana e regional – questões teóricas e estudos de caso**. Editora Outras expressões. São Paulo, 2013

ANA - Agência Nacional de Águas - Rede Meteorológica Nacional. **Dados pluviométricos da cidade de São Paulo**. Disponível em: < <http://hidroweb.ana.gov.br/> > Acessado em 2015

ANDRADE, E; DANNA, L.C.; SILVA, P.C.F. **Mapeamento de perigos e riscos de Inundação no Município de Aparecida (São Paulo)**. Instituto Geológico, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, São Paulo, 2012

ATLAS AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. Secretaria do meio ambiente e Secretaria municipal de planejamento urbano. São Paulo, 2002. Disponível em < <http://atlasambiental.prefeitura.sp.gov.br/> >

AVILA, L. O. & ROBAINA, L.E.S. Diagnóstico para mapeamento das áreas de risco na cidade de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. **Reencontro de saberes territoriais latino americanos**, 2013

AZEVEDO, A. São Paulo, a cidade trimilionária. In: **A Município de São Paulo: estudos de geografia urbana**. Vol.1, Cap. 1, São Paulo, 1958

BARBOSA, F.A.R **Medidas de proteção e controle de inundações urbanas na Bacia do Rio Mamanguape/PB**. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006

BARROS, M. T. L. PEREIRA, A.J.F.; GANDU, A.W.; HALLAK, P.; ANDRIOLI, C.P. **Impacto Hidrológico das precipitações observadas na região metropolitana de São Paulo nos dias 04 de fevereiro de 2004 e 29 de janeiro de 2004**. EPUSP – Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2004.

BRASIL. Lei nº10.257, de 10 de julho de 2001. **Estatuto da Cidade e Legislação Correlata**. 2 ed. atual – Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2002

BROLLO, M.J. **Atuação do Instituto geológico na prevenção de desastres naturais**. Instituto geológico. Seminário de defesa civil de Lins, junho de 2010. Disponível em:

<<http://pt.slideshare.net/mjbrolo/atuao-do-instituto-geologico-na-preveno-de-desastres-naturais>>

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.M.; FUCKS, S.D.; CARVALHO, M.S. Análise espacial e geoprocessamento. In: **Análise espacial de dados geográficos**. DRUCKS, S et al. Brasília, EMBRAPA, 2004

CÂMARA, G & CARVALHO, M.S. Análise espacial de eventos. In: **Análise espacial de dados geográficos**. DRUCKS, S et al. Brasília, EMBRAPA, 2002

CANHOLI, A.P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: Oficina de textos, 2005

CENTRO DE ESTUDOS DA METRÓPOLE - CEM Disponível em: http://www.fflch.usp.br/centrodametropole/v3/bases.php?retorno=716&language=pt_br > acessado em 28 de outubro de 2015

CEPAGRI – Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas aplicadas a agricultura. **Clima dos Municípios Paulistas**. Unicamp, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>> Acessado em abril de 2016

CEM – Centro de Estudos da Metrópole. **Mapa de distritos administrativos de São Paulo (siglas)**, 2008. Disponível em: <<http://www.fflch.usp.br/centrodametropole/598>>

CGE – Centro de Gerenciamento de Emergências da Prefeitura de São Paulo. **Dados de pontos de alagamento no período de 2008 a 2013**. Disponibilizados em 2015

CHEN, Y.; BARRETT, D.; LIU, R.; GAO, L.; ZHOU, M.; RENZULLO, L.; CUDDY, S.; EMELYANOVA, I. A spatial framework for regional-scale flooding risk assessment. International Environmental Modelling and Software Society. **7th Intl. Congress on Env. Modelling and Software**, San Diego, USA, 2014

COOPER, V. & OPADEYI, J. **Flood hazard mapping of Grenada**. Banco de desenvolvimento caribenho, 2006

COGEP - Coordenadoria Geral de Planejamento. **O planejamento urbano em São Paulo: Documentos**. Série informações e apoio ao planejamento 3. Prefeitura do Município de São Paulo, 1978.

CRISÓGONO, P.J.B.M. **Deteção remota em meio urbano: teste com classificadores supervisionados a pixel do pixel sobre imagens de alta resolução espacial aplicados numa lógica hierárquica de classes**. Dissertação de mestrado em gestão do território – projeto Geosat – Universidade Nova de Lisboa, 2011.

CROWDMAP - PONTOS DE ALAGAMENTO NA MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. Disponível em: <<https://pontosdealagamento.crowdmap.com/main>> Acessado em 3 de junho de 2014

CUNHA, G.R. **Lidando com Riscos Climáticos**. Editora Embrapa, Rio Grande do Sul, 2004

CUSTODIO, V. Dos surtos urbanísticos do final do século XIX ao uso das várzeas pelo Plano de Avenidas. **Geosul**, v.9 n.38, Florianópolis, 2004

DANIEL, D.I.; AUGUSTINA, O.; ANTHONY, A.; KAYODE, A.J. et al. Evaluation of the relationship between urban infrastructure and flood disasters in Golbe metropolis. **Journal of Sustainable Development**, v.5, n.7, 2012

DAWOD, G.M.; MIRZA, M.N.; AL-GHAMDI, K.A. GIS-based spatial mapping of flash flood hazard in Makkah City, Saudi Arabia. **Journal of Geographic Information System**, v.3, 2011

DEFESA CIVIL DE SÃO BERNARDO DO CAMPO. **Enchentes, inundações, alagamentos ou enxurradas**. Acessado em Abril de 2016. Disponível em < <http://dcsbcsp.blogspot.com.br/2011/06/enchente-inundacao-ou-alagamento.html> >

FERNÁNDEZ, D.S & LUTZ, M.A. **Urban flood hazards zoning in Tucumán Province, Argentina, using GIS and multicriteria decisions analysis**. Facultad de Ciencias Naturales e IMI, Tucumán, Argentina, 2009

FERREIRA, M.C. **Iniciação à análise geoespacial: teoria técnicas e exemplos para geoprocessamento**. Editora Unesp, São Paulo, 2014

FLOOD MAP. Disponível em: < http://maps.environment-agency.gov.uk/wiyby/wiybyController?x=357683.0&y=355134.0&scale=1&layerGroups=default&ep=map&textonly=off&lang=_e&topic=floodmap&utm_source=Poster&utm_medium=FloodRisk&utm_campaign=FloodMonth13 > Acessado em 2 de junho de 2014

FLOOD HAZARD MAP APPLICATION. Disponível em: <<http://www.envinfo.gov.ab.ca/FloodHazard/>> Acessado em 2 de junho de 2014

FLOOD INFORMATION SYSTEM. Disponível em: < <http://www.floodrisk.eu/> > Acessado em 3 de junho de 2014

FLOOD RISK INFORMATION SYSTEM. Disponível em: <<http://fris.nc.gov/fris/Home.aspx>> Acessado em 1 de junho de 2014

FRANÇA, A. O quadro climato-botânico. In: **A cidade de São Paulo: estudos de geografia urbana**. Vol.1, Cap. 3, São Paulo, 1958

FREIRE, F.H.M. **Introdução à Estatística Espacial**. Disponível em: <<http://www.observatoriodasmetropoles.ufrj.br/download/aulasanalise-espacial.pdf>> Acessado em 16 de agosto de 2014

FREIRIA, S. C. **Expansão urbana e riscos naturais: o caso de Coimbra**. Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra. Coimbra, 2009

GARCIA, F.C.C; RETAMAR, A.E.; JAVIER, J.C. A real time urban flood monitoring system for metro Manila. **IEEE Regional 10 Conference**, University of the Philippines Technology Park, 2015

GEOSAMPA – Prefeitura de São Paulo <http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx> acessado em 2016

GOERL, R.F.; KOBIYAMA, M.; PELLERIN, J.R.G.M. Proposta metodológica para mapeamento de áreas de risco a inundação: estudo de caso no município de Rio Negrinho – SC. **Boletim geográfico**, Maringá, v.30, 2012

GOOGLE EARTH – Versão 7.1.5.1557. Georreferenciamento dos pontos de alagamento. Acessado em 2015.

HORA, S.B. & GOMES, R.L. **Mapeamento e avaliação do risco a inundação do Rio Cachoeira em trecho da área urbana no município de Itabuna/BA**. Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus/BA, 2001

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Precipitação do município de São Paulo/Mirante Santana**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>> acessado em 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2010. Disponível em <www.ibge.gov.br> – acessado em 28 de março de 2014

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Portal de mapas. Disponível em <<http://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#mapa16005>> Acessado em novembro de 2016

IDOETA, I.V.; IDOETA, I.; CINTRA, I.P. **São Paulo vista do alto: 75 anos de aerofotogrametria**. Editora Érica, São Paulo, 2004

IMAP - Instituto Municipal de Administração Pública de Curitiba. Drenagem Urbana – módulo 1, Curitiba, 2009

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. El Niño e La Niña. Disponível em <<http://enos.cptec.inpe.br/>>

KUMPULAINEN, S. **Vulnerability concepts in hazard and risk assessment**. Geological Survey of Finland, 2006.

KWAK, Y.; ARIFUZZANMAN, B.; IWAMI, Y. Prompt proxy mapping of flood damaged rice fields using MODIS-Derived indices. **Remote Sensing**. MDPI – v.7, 2015

LAZARINI, K. & BRESCIANI, M.S. O plano de avenidas e os rumos do urbanismo paulistano. Faculdade de Filosofia e Ciências Humana – UNICAMP, Campinas –SP, 2008

LEUMBE, O.L; BITOM, D.; MAMDEM, L.; TIKI, D.; IBRAHIM, A. Cartographie des zones à risques d'inondation en zone soudano-sahélienne: cas de Maga et ses environs dans la région de l'extrême-nord Cameroun. **Afrique Science**, v.11, 2015

MAANTAY, J & MESOKO, A. Mapping urban risk: flood hazards, **race & environmental justice in New York**. Lehman College – NY, 2008

MARQUES, M.L. **Metodologias para Estimativa da Dimensão Fractal do Crescimento de Aglomerados Urbanos: Uma Contribuição ao Estudo da Expansão Urbana da Região Metropolitana de São Paulo entre 1905 e 2001**. Tese de Doutorado – Unesp. Rio Claro, SP, 2005

MARTINA, C.M. **São Paulo é azul!** Arch Urbs – impressões sobre arquitetura, cidades e a gente. São Paulo, 2012. Disponível em: <www.archurbs.wordpress.com/2012/12/04/sao_paulo_e_azul> Acessado em novembro de 2016.

MELLO, M. Identificação, análise e mapeamento de áreas de risco de enchente e inundações. IPT – Instituto de pesquisas tecnológicas, Ministério das cidades, 2009. Disponível em: <http://www.ciram.com.br/ciram_arquivos/arquivos/gtc/downloads/curso1_multiplogura_aula5.pdf>

MENDONÇA, F. & OLIVEIRA, I.M.D. **Climatologia, noções básicas e climas do Brasil** – Editora Oficina de Textos – São Paulo, 2007

MORJANI, Z. E. A. Flood hazard modelling. **E-atlas de risco de desastre**, v.1, versão 2.0. University of Agadir, Marrocos, 2011

NASA – United States National Aeronautics and Space Administration. ASTER GDEM (Aster Global Digital Elevation Map Announcement). Disponível em: <<https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>> acessado em setembro de 2016.

NASCIMENTO, D.J.F. & GOMES, M.F.V.B. Desastres naturais veiculados pela mídia: análise de conteúdo das notícias do jornal diário de Guarapuava. **O espaço geográfico em análise**. Curitiba, v.31, p.164-184, Dez/2014

NFIP - National Flood Insurance Program. **Flooding and flood risks**. Disponível em: <<https://www.floodsmart.gov/floodsmart/>> - acessado em setembro de 2015

NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. Earth System Research Laboratory. Acessado em março de 2016. Disponível em <http://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/past_events.html>

NCFMP - North Carolina Floodplain Mapping Program. Disponível em: <http://www.ncfloodmaps.com/top_about.htm> Acessado em 4 de agosto de 2014

FRIS - North Carolina's Flood Risk Information System. Disponível em: <http://www.floridadisaster.org/mitigation/silverjacket/documents/FRIS_one%20pager_051413.pdf> Acessado em 2 de agosto de 2014

ODUFUWA, B.O.; ADEDEJI, O.H.; OLADESU, J.O.; BONGWA, A. Floods of fury in Nigerian cities. **Journal of Sustainable Development**, v.5, n.7, Canadá, 2012

OSTROWSKY, M.S.B. & ZMITROWICZ, W. **Urbanização e controle de enchentes: o caso de São Paulo: seus conflitos e inter-relações**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP – Departamento de Engenharia e Construção Civil – São Paulo, 1991

OUFELLA, O. & TOUAIBIA, B. Contribution a la cartographie des zones vulnérables aux inondations: application de la methode “inondabilite” cas de la Ville de Sidi – Bel- Abbes. **Le Journal de l'Eau et de l'Environnement**, 2014

PASCHALIS, A.; FATICHI, S.; MOLNAR, P.; RIMKUS, S.; BURLANDO, P. On the effects of small scale space-time variability of rainfall on basin flood response. **Journal of Hydrology** – Elsevier B.V. 2014

PDE - Plano Diretor Estratégico do município de São Paulo, 2002-2012. Secretaria Municipal de Planejamento Urbano do Município de São Paulo (Sempla). Editora Senac São Paulo, 2004

PDE - Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo. Secretaria Municipal de Planejamento Urbano do Município de São Paulo (Sempla), 2014

PORTO, A.R. **História Urbanística da Município de São Paulo (1554-1988)**. Carthago e Forte Editoras Associadas, São Paulo -SP, 1992

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Histórico Demográfico do Município de São Paulo**. Acessado em fevereiro de 2016. Disponível em <http://smdu.prefeitura.sp.gov.br/historico_demografico/index.php>

PREFEITURA DE SÃO PAULO – Plano Diretor 2016. **Zoneamento urbano**. Disponível em: <<http://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/marco-regulatorio/zoneamento/arquivos/>> acessado em 2016.

PREFEITURA DE SÃO PAULO – Secretaria municipal de coordenação das subprefeituras. Disponível em: <<http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/>> acessado em agosto de 2016.

QUEIROZ, M. H. L. & SOMEKH, N. A cidade comprometida: a questão ambiental e os planos de São Paulo. Caderno de pós graduação em Arq. e Urb, v. 3, n.1, São Paulo – SP, 2003

RIBEIRO, R.R. & LEAL, P.C. Mapeamento de áreas de risco a inundação no Estado de São Paulo. **Seminário Regional de Defesa Civil** promovida pela CEDEC, Sorocaba, 2012

RIGHETTO, A.M. **Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. Programa de pesquisa em saneamento básico, ABES, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_4.pdf>

SANTOS, E. Tietê, o rio de São Paulo. In: **A Município de São Paulo: estudos de geografia urbana**. Vol.1, Cap. 2, São Paulo, 1958

SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. 4ª ed. Universidade de São Paulo – São Paulo, 2006

SANTOS, M. **Por uma outra globalização: do pensamento único à consciência universal**. 6ª ed. Rio de Janeiro, Record, 2001

SAFARIPOUR, M. MONAVARI, M.; ZARE, M.; ADEBI, Z.; GHARAGOZLOU, A. Flood risk assessment using GIS (Case study: Golestan Province, Iran). **Pol. J. Environ. Stud**. V.21, n.6, 2012

SÃO PAULO. Lei nº13.430, de 13 de dezembro de 2002. **Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo**. Publicado em 23 de agosto de 2002

SEABRA, O. C. L. **Os meandros dos Rios nos Meandros do Poder – Tietê e Pinheiros: Valorização dos Rios e da Várzeas na cidade de São Paulo**. USP, São Paulo, SP. 1987

SEAGER, R. Decadal hydroclimate variability across the Americas. **World Scientific Review – Columbia University – New York**, 2013

SHARMA, S.V.S.P.; RAO, G.S.; BHANUMURTHY, V. et al. Development of village-wise flood risk index map using multi-temporal satellite data: a study of Nagaon district, Assam, India. **Current Science**, vol.103. n.6, Índia, 2012.

SILVA, D.D.; PEREIRA, S.B.; PRUSKI, F.F.; GOMES, R.R.F.; LANA, A.M.Q.; BAENA, L.G.N. Equações de intensidade-duração-frequência da precipitação pluvial para o Estado de Tocantins. **Engenharia da agricultura**, Viçosa, v.11, 2002

SILVA, J.B.L. **Modelos de previsão de enchentes em tempo real para o município de Nova Era - MG**. Universidade Federal de Viçosa. UFV. Viçosa, MG, 2006

SOUZA, M.A.A.; LINS, S.C.; SANTOS, M.P.C.; SANTOS, M.C. **Metrópole e Globalização: Conhecendo a Município de São Paulo**. Editora CEDESP, São Paulo, 1999

SECRETARIA MUNICIPAL DE COORDENAÇÃO DAS SUBPREFEITURAS DE SÃO PAULO. Dados Demográficos dos Distritos pertencentes as Subprefeituras. Acessado em março de 2016. Disponível em <
http://www.prefeitura.sp.gov.br/município/secretarias/subprefeituras/subprefeituras/dados_de_mograficos/>

SVMA - Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. **GEO Município de São Paulo: panorama do meio ambiente urbano.** - SVMA/IPT –Prefeitura do Município de São Paulo, Brasília, 2004

TARIFA, J.R. & ARMANI, G. Unidades climáticas urbanas da cidade de São Paulo. In: **Atlas ambiental do município de São Paulo** – fase 1: diagnóstico e bases para a definição de políticas públicas para as áreas verdes no município de São Paulo, São Paulo, 2000

TARIFA, J.R. & ARMANI, G. Os climas “naturais” e climas urbanos. In: **Os climas na cidade de São Paulo-teoria e prática.** Coleção Novos Caminhos. Universidade de São Paulo: laboratório de climatologia, 2001

TARIFA, J.R. & AZEVEDO, T.R. **Os climas na Município de São Paulo-teoria e prática.** Coleção Novos Caminhos. Universidade de São Paulo: laboratório de climatologia, 2001

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. **Desastres naturais: conhecer para prevenir.** 2ªed, São Paulo, Instituto Geológico, 2012

TORGERSEN, G.; BJERKHOL, J.T.; KVAAL, K.; LINDHOLM, O.G. Correlation between extreme rainfall and insurance claims due to urban flooding – case study Fredrikstad, Norway. **Journal of Urban and Environmental Engineering**, v.9, 2015

TRAVASSOS, L.R.F.C. Riscos e incertezas das intervenções nos fundos de vale urbanos: caminhos teóricos de análise. **II Encontro da ANPPAS.** Indaiatuba, São Paulo, 2004

TRAVASSOS, L.R.F.C & GROSTEIN, M.D. A ocupação de fundos de vale urbano em São Paulo e sua dimensão sócio ambiental. **X Encontro Nacional da ANPUR.** Novas escalas e estratégias territoriais na gestão ambiental, Belo Horizonte, 2003

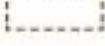
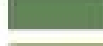
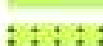
VINAGRE, M.V.A.; LIMA, A.C.; LIMA, D.L.J. Estudo do comportamento hidráulico da Bacia do Paracuri em Belém (PA) utilizando o programa Storm Water Management Model. **Revista engenharia sanitária ambiental-** volume 20 n3, Rio de Janeiro, 2015

YANG, T.; CHEN, G.; SUN, X. A big-data-based urban flood defense decision support system. **International Journal of Smart Home.** V.9, China, 2015.

YIN, J.; YU, D.; WILBY, R. Modelling impact of land subsidence on urban pluvial flooding: a case study of downtown Shanghai, China. **Science of the total environment.** v.544, 2016

ANEXO 1

LEGENDA DOS MAPAS DE ZONEAMENTO DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

	ZEU		ZEIS-1		
	ZEUa		ZEIS-2		Perímetro Vetado
	ZEUP		ZEIS-3		Limite subprefeitura
	ZEUPa		ZEIS-4		Logradouro
	ZEM		ZEIS-5		Rodoanel
	ZEMP		ZDE-1		Hidrografia
	ZC		ZDE-2		Praças e Canteiros
	ZCa		ZPI-1		Macroárea de Estruturação Metropolitana
	ZC-ZEIS		ZPI-2		Área de Proteção e Recuperação de Mananciais
	ZCOR-1		ZOE		Estação de trem existente
	ZCOR-2		ZPR		Estação de metrô existente
	ZCOR-3		ZER-1		Terminal de ônibus existente
			ZER-2		
			ZERa		
	ZCORa		ZPDS		
	ZM		ZPDSr		
	ZMa		ZEPAM		
	ZMIS		ZEP		
	ZMISa		AC-1		
			AC-2		

ANEXO 2

GLOSSÁRIO DO ZONEAMENTO DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO (2016)

Parâmetros de parcelamento, uso e ocupação do solo

A Lei de Zoneamento define parâmetros de parcelamento, uso e ocupação do solo e a aplicação desses parâmetros no território. O número de zonas, bem como sua variação na cidade, é resultado da necessidade de diversificar esses parâmetros conforme os diferentes bairros e regiões do Município.

Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana – ZEU

Zonas Eixo de Estruturação da Transformação Urbana são porções do território em que pretende promover usos residenciais e não residenciais com densidades demográfica e construtiva altas e promover a qualificação paisagística e dos espaços públicos de modo articulado ao sistema de transporte público coletivo. Esta zona tem por objetivo consolidar os parâmetros estabelecidos pelo PDE para os eixos, complementando com algumas regras de parcelamento, uso e ocupação, especialmente as condições de instalação de usos e parâmetros de incomodidade.

Se o PDE delegou os eixos como território prioritário para o adensamento de modo articulado ao transporte público coletivo, essa zona passa a ter um papel estratégico na viabilização dos objetivos do PDE.

A ZEU é dividida em:

- ZEU: zonas inseridas na Macrozona de Estruturação e Qualificação Urbana definida do PDE;
- ZEUA: zonas inseridas na Macrozona de Proteção e Recuperação Ambiental definida do PDE;
- ZEUP: zonas inseridas na Macrozona de Estruturação e Qualificação Urbana definida do PDE cujo decreto ativador do eixo ainda não foi publicado*;
- ZEUPa: zonas inseridas na Macrozona de Proteção e Recuperação Ambiental definida do PDE cujo decreto ativador do eixo ainda não foi publicado*;

*Vale ressaltar que na ZEUP e ZEUPa, somente após a emissão da Ordem de Serviços das obras das infraestruturas do sistema de transporte que define o eixo, da emissão pelos órgãos competentes de todas as autorizações e licenças, (especialmente a licença ambiental) e, por fim, da edição de decreto autorizador, é que os parâmetros urbanísticos como o coeficiente de aproveitamento máximo igual a 4, o gabarito sem limite e os incentivos urbanísticos poderão ser ativados (veja o art. 83 do PDE). Essa medida faz com que não se permita o licenciamento

de empreendimentos de elevada densidade sem que o sistema de transporte público coletivo esteja em implantação.

Zona Eixo de Estruturação da Transformação Metropolitana – ZEM

Zona Eixo de Estruturação da Transformação Metropolitana são porções do território inseridas na Macroárea de Estruturação Metropolitana, nos subsetores do Arco Tietê, Arco Tamanduateí, Arco Pinheiros e Arco Jurubatuba (ver inciso VIII do §1º do artigo 76 do PDE), destinadas a promover usos residenciais e não residenciais com densidades demográficas e construtivas altas, bem como a qualificação paisagística e dos espaços públicos, de modo articulado ao sistema de transporte coletivo e com infraestrutura urbana de caráter metropolitano. A ZEM é dividida em:

- ZEM, cujos parâmetros urbanísticos como o coeficiente de aproveitamento máximo igual a 4 e o gabarito sem limite somente poderão ser alcançados se não forem encaminhados os projetos de lei tratando de disciplina especial de uso e ocupação do solo, operações urbanas consorciadas, áreas de intervenção urbana ou projetos de intervenção urbana para os subsetores acima citados dentro do prazo estipulado pelo §3º do artigo 76 do PDE.
- ZEMP, cujos parâmetros urbanísticos próprios da ZEU somente serão ativados após a emissão da Ordem de Serviços das obras das infraestruturas do sistema de transporte que define o eixo, da emissão pelos órgãos competentes de todas as autorizações e licenças, (especialmente a licença ambiental) e, por fim, da edição de decreto autorizador, é que os parâmetros urbanísticos como o coeficiente de aproveitamento máximo igual a 4, o gabarito sem limite e os incentivos urbanísticos poderão ser ativados (veja o art. 83 do PDE). Essa medida faz com que não se permita o licenciamento de empreendimentos de elevada densidade sem que o sistema de transporte público coletivo esteja em implantação.

Zona de Desenvolvimento Econômico – ZDE

Zonas de Desenvolvimento Econômico são porções do território com predominância de uso industrial, destinadas à manutenção, incentivo e modernização desses usos, às atividades produtivas de alta intensidade em conhecimento e tecnologia e aos centros de pesquisa aplicada e desenvolvimento tecnológico, entre outras atividades econômicas onde não deverão ser permitidos os empreendimentos imobiliários para uso residencial. Essa é uma nova zona que foi proposta pelo PDE, com o objetivo de viabilizar polos produtivos relacionados à indústria de alta tecnologia. Tal zona foi demarcada não só em territórios com grandes lotes e quadras, mas também em territórios de urbanização consolidada em que existe atividade

industrial integrada aos bairros. Para manter o vigor das atividades produtivas e também os usos residenciais existentes (de modo a aproximar emprego da moradia), os usos mistos serão admitidos nestes territórios.

Zona Predominantemente Industrial – ZPI

Zonas Predominantemente Industriais são porções do território destinadas à implantação e manutenção de usos não residenciais diversificados, em especial usos industriais. A ZPI é dividida em:

- I – Zona Predominantemente Industrial 1 (ZPI-1): áreas destinadas à maior diversificação de usos não residenciais, localizadas na Macrozona de Estruturação e Qualificação Urbana;
- II – Zona Predominantemente Industrial 2 (ZPI-2): áreas destinadas à maior diversificação de usos não residenciais compatíveis com as diretrizes dos territórios da Macrozona de Proteção e Recuperação Ambiental e dos Subsetores Noroeste e Fernão Dias do Setor Eixos de Desenvolvimento da Macroárea de Estruturação Metropolitana nos quais se localizam.

Zona de Ocupação Especial – ZOE

Zonas de Ocupação Especial são porções do território destinadas a abrigar predominantemente atividades que, por suas características únicas, como aeroportos, centros de convenção, grandes áreas de lazer, recreação e esportes, necessitem disciplina especial de uso e ocupação do solo. Tal disciplina será definida através do Projeto de Intervenção Urbana (PIU), aprovado mediante decreto, o qual deverá observar os coeficientes de aproveitamento por macroárea dispostos no PDE.

Zona Corredor – ZCor

Zonas Corredores são os lotes lindeiros às ZER ou à ZPR, que fazem frente para vias que exercem estruturação local ou regional, em que se pretende promover usos não residenciais compatíveis com o uso residencial e com a fluidez do tráfego, com densidades demográfica e construtiva baixas. A ZCOR é dividida em:

- I – Zona Corredor 1 (ZCOR-1): trechos de vias destinados à diversificação de usos de forma compatível à vizinhança residencial;
- II – Zona Corredor 2 (ZCOR-2): trechos de vias destinados à diversificação de usos de forma compatível à vizinhança residencial e à conformação de subcentro regional;

III – Zona Corredor 3 (ZCOR-3): trechos junto a vias que estabelecem conexões de escala regional, destinados à diversificação de usos de forma compatível à vizinhança residencial e à conformação de subcentro regional;

Zona de Centralidade – ZC

Zonas de Centralidades são porções do território localizadas fora dos eixos de estruturação da transformação urbana destinadas à promoção de atividades típicas de áreas centrais ou de subcentros regionais ou de bairros, em que se pretende promover majoritariamente os usos não residenciais, com densidades construtiva e demográfica média e promover a qualificação paisagística e dos espaços públicos.

A ZC está dividida em:

- ZC: porções do território localizadas na Macrozona de Estruturação e Qualificação Urbana com atividades de abrangência regional;
- ZCa: porções do território localizadas na Macrozona de Proteção e Recuperação Ambiental com atividades de abrangência regional;
- ZC-ZEIS: porções do território formadas pelos lotes lindeiros às vias que exercem estruturação local ou regional, lindeiras a ZEIS-1, destinadas majoritariamente a incentivar os usos não residenciais, de forma a promover a diversificação dos usos com a habitação de interesse social, a regularização fundiária de interesse social e a recuperação ambiental.

Zona Especial de Preservação Cultural – ZEPEC

Zonas Especiais de Preservação Cultural são porções do território destinadas à preservação, valorização e salvaguarda dos bens de valor histórico, artístico, arquitetônico, arqueológico e paisagístico, doravante definidos como patrimônio cultural, podendo se configurar como elementos construídos, edificações e suas respectivas áreas ou lotes; conjuntos arquitetônicos, sítios urbanos ou rurais; sítios arqueológicos, áreas indígenas, espaços públicos; templos religiosos, elementos paisagísticos; conjuntos urbanos, espaços e estruturas que dão suporte ao patrimônio imaterial e/ou a usos de valor socialmente atribuído. A origem da ZEPEC está no tombamento de imóveis e conjuntos urbanos, podendo ter novos perímetros criados durante a vigência da lei de zoneamento na medida em que são instituídos novos tombamentos nos níveis federal, estadual e municipal.

A ZEPEC depende de outra zona para viabilizar a aprovação de reformas e licenças de instalação uma vez que a ZEPEC apresenta apenas parâmetros e restrições de ocupação, não dispondo de parâmetros de uso, de incomodidade e de condições de instalação dos usos. A

ZEPEC talvez seja a zona que mais contribui para a preservação de bairros, pois o tombamento restringe a transformação.

Zona Mista – ZM

Zonas Mistadas são porções do território em que se pretende promover usos residenciais e não residenciais, com predominância do uso residencial, com densidades construtiva e demográfica baixas e médias.. A principal característica da zona mista é viabilizar a diversificação de usos, sendo uma zona em que se pretende mais a preservação da morfologia urbana existente e acomodação de novos usos, do que a intensa transformação.

A ZM é dividida em:

I – Zona Mista (ZM): porções do território localizadas na Macrozona de Estruturação e Qualificação Urbana;

II – Zona Mista Ambiental (ZMa): porções do território localizadas na Macrozona de Proteção e Recuperação Ambiental, com parâmetros de parcelamento, uso e ocupação do solo compatíveis com as diretrizes da referida macrozona;

III – Zona Mista de Interesse Social (ZMIS): porções do território caracterizadas predominantemente pela existência de assentamentos habitacionais populares regularizados, conjugados ou não com usos não residenciais, destinadas à produção de habitação de interesse social e a usos não residenciais;

IV – Zona Mista de Interesse Social Ambiental (ZMISa): porções do território caracterizadas predominantemente pela existência de assentamentos habitacionais populares regularizados, conjugados ou não com usos não residenciais, localizadas na Macrozona de Proteção e Recuperação Ambiental, destinadas à produção de habitação de interesse social e a usos não residenciais, com parâmetros de parcelamento, uso e ocupação do solo compatíveis com as diretrizes da referida macrozona.

Zona Predominantemente Residencial – ZPR

Zonas Predominantemente Residenciais são porções do território destinadas majoritariamente ao uso residencial, bem como a atividades não residenciais compatíveis com o uso residencial, com densidades construtiva e demográfica baixas. Esta zona foi proposta pelo PDE e é uma zona similar à ZER no que se refere aos parâmetros de ocupação e à baixa densidade, porém, com a diferença de possibilitar usos não residenciais que não causam incomodidade à vizinhança residencial.

Zona Exclusivamente Residencial – ZER

Zonas Exclusivamente Residenciais são porções do território destinadas ao uso exclusivamente residencial de habitações unifamiliares, com densidade demográfica baixa. Esta zona se caracteriza pela ausência dos usos não residenciais e pela baixa densidade, sendo que alguns bairros contam com intensa arborização. A ZER se divide em:

I – Zona Exclusivamente Residencial 1 (ZER-1): áreas destinadas exclusivamente ao uso residencial com predominância de lotes de médio porte;

II – Zona Exclusivamente Residencial 2 (ZER-2): áreas destinadas exclusivamente ao uso residencial com predominância de lotes de pequeno porte;

III – Zona Exclusivamente Residencial Ambiental (ZERa): áreas destinadas exclusivamente ao uso residencial com predominância de lotes de grande porte, localizadas na Macrozona de Proteção e Recuperação Ambiental.

Zona Especial de Interesse Social – ZEIS

As Zonas Especiais de Interesse Social são porções do território destinadas, predominantemente, à moradia digna para a população da baixa renda por intermédio de melhorias urbanísticas, recuperação ambiental e regularização fundiária de assentamentos precários e irregulares, bem como à provisão de novas Habitações de Interesse Social – HIS e Habitações de Mercado Popular – HMP a serem dotadas de equipamentos sociais, infraestruturas, áreas verdes e comércios e serviços locais, situadas na zona urbana. O PDE definiu cinco tipos de ZEIS e demarcou seus perímetros no território, deixando muito pouco a ser tratado no zoneamento em relação às ZEIS. Ainda assim, a nova lei de zoneamento trouxe inovações ao propor a criação de duas novas zonas: a ZMIS e a ZC-ZEIS, cujo objetivo é proporcionar a promoção de atividades econômicas em territórios com pouca oferta de empregos em proporção à moradia (ZEIS1 marcada no PDE), ao mesmo tempo em que estas zonas asseguram a permanência da população de baixa renda. Importante ressaltar que as ZMIS foram demarcadas somente em perímetros de ZEIS 1 envolvendo conjuntos habitacionais que foram regularizados e urbanizados e a ZC-ZEIS foram demarcadas somente em lotes lindeiros às vias internas às ZEIS1 que têm função de articular bairros e regiões da cidade.

Zona Especial de Preservação – ZEP

Zonas Especiais de Preservação são porções do território destinadas a parques estaduais considerados unidades de conservação, parques naturais municipais existentes e outras Unidades de Conservação de Proteção Integral definidas pela legislação federal (Sistema Nacional de Unidades de Conservação), existentes e que vierem a ser criadas no Município, tendo por objetivo a preservação dos ecossistemas e permitindo apenas a pesquisa, o ecoturismo e a educação ambiental. O objetivo dessa zona é preservar as unidades de conservação, de forma a ser exigido a observação do plano de manejo de cada unidade de conservação.

Zona Especial de Proteção Ambiental – ZEPAM

Zonas Especiais de Proteção Ambiental são porções do território do Município destinadas à preservação e proteção do patrimônio ambiental, que têm como principais atributos remanescentes de Mata Atlântica e outras formações de vegetação nativa, arborização de relevância ambiental, vegetação significativa, alto índice de permeabilidade e existência de nascentes, incluindo os parques urbanos existentes e planejados e os parques naturais planejados, que prestam relevantes serviços ambientais, entre os quais a conservação da biodiversidade, controle de processos erosivos e de inundação, produção de água e regulação microclimática. Também são considerados ZEPAM os territórios ocupados por povos indígenas até a entrada em vigor do PDE, independentemente de seu reconhecimento enquanto terra indígena nos termos da legislação federal. Vale ressaltar que as novas áreas poderão ser demarcadas como ZEPAM quando finalizado o Plano Municipal da Mata Atlântica (PMMA), que está sendo elaborado pelo órgão municipal competente.

Zona de Preservação e Desenvolvimento Sustentável – ZPDS

Zonas de Preservação e Desenvolvimento Sustentável são porções do território destinadas à conservação da paisagem e à implantação de atividades econômicas compatíveis com a manutenção e recuperação dos serviços ambientais por elas prestados, em especial os relacionados às cadeias produtivas da agricultura e do turismo, de densidades demográfica e construtiva baixas. A ZPDS é dividida em:

- I – Zona de Preservação e Desenvolvimento Sustentável (ZPDS): zonas localizadas na Zona Urbana;
- II – Zona de Preservação e Desenvolvimento Sustentável Rural (ZPDSr): zonas localizadas na Zona Rural.