UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA FÍSICA

ROSANGELA DO AMARAL

**Análise integrada do ambiente urbano e as inundações recorrentes: caso
da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga**

(São Paulo/SP)

ORIENTADOR: PROF. DR. JURANDYR L. S. ROSS

São Paulo

2020

ROSANGELA DO AMARAL

**Análise integrada do ambiente urbano e as inundações recorrentes: caso
da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga**

(São Paulo/SP)

Versão Corrigida

Tese apresentada à Faculdade de Filosofia, Letras e
Ciências Humanas da Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Doutora em Ciências.

Área de Concentração: Geografia Física

Orientador: Prof. Dr. Jurandyr Luciano Sanches Ross

São Paulo

2020

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na Publicação

Serviço de Biblioteca e Documentação

Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo

A485a Amaral, Rosangela do
 Análise integrada do ambiente urbano e as
 inundações recorrentes: caso da Bacia Hidrográfica do
 Córrego Ipiranga (São Paulo/SP) / Rosangela do
 Amaral ; orientador Jurandyr Luciano Sanches Ross. -
 São Paulo, 2020.
 278 f.

 Tese (Doutorado)- Faculdade de Filosofia, Letras
 e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.
 Departamento de Geografia. Área de concentração:
 Geografia Física.

 1. Inundação urbana. 2. Planejamento ambiental. 3.
 Bacia hidrográfica. 4. Geomorfologia aplicada. I.
 Ross, Jurandyr Luciano Sanches, orient. II. Título.

ENTREGA DO EXEMPLAR CORRIGIDO DA DISSERTAÇÃO/TESE

Termo de Ciência e Concordância do (a) orientador (a)

Nome do (a) aluno (a): Rosangela do Amaral

Data da defesa: 07/10/2020

Nome do Prof. (a) orientador (a): Jurandyr Luciano Sanches Ross

Nos termos da legislação vigente, declaro **ESTAR CIENTE** do conteúdo deste **EXEMPLAR CORRIGIDO** elaborado em atenção às sugestões dos membros da comissão Julgadora na sessão de defesa do trabalho, manifestando-me **plenamente favorável** ao seu encaminhamento e publicação no **Portal Digital de Teses da USP**.

São Paulo, 04/12/2020

Assinatura do (a) orientador (a)

(

AMARAL, R. **Análise integrada do ambiente urbano e as inundações recorrentes: caso da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga (São Paulo/SP)**. 2020. 278 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

Aprovada em: 07/10/2020

Banca Examinadora

Prof. Dr. Cláudio José Ferreira

Instituição: Instituto Geológico – Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente

Julgamento: Aprovada

Prof. Dra. Mirian Ramos Gutjahr

Instituição: Instituto Geológico – Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente

Julgamento: Aprovada

Prof. Dra. Cleide Rodrigues

Instituição: Departamento de Geografia / FFLCH / USP

Julgamento: Aprovada

Aos meus amados

André,

Gabriela e Luiza,

Alderico e Rosa,

e Ariel

por estarem sempre ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Ao meu querido guru e orientador Prof. Dr. Jurandyr L. S. Ross, pelos incentivos, confiança e apoio em mais essa aventura.

A todos os colegas do Instituto Geológico, pelo apoio e paciência, e em especial para Luciana Martin Rodrigues Ferreira, Mirian Ramos Gutjahr, Francisco de Assis Negri, Maria José Brollo, Antonio Carlos Moretti Guedes, Francis Soares Ribeiro, Gustavo Armani, Márcia Vieira Silva e Ricardo Vedovello.

Ao CNPq, pelas bolsas de iniciação científica, e às orientandas Aline Pamela Santos, Jussara Brito Ferreira, Aline Rodrigues dos Santos e Ana Luíza Alcalde de Jesus, pela ajuda na compilação dos dados.

Ao Prof. Dr. Emerson Galvani, aos colegas de pós-graduação e do Laboratório de Geomorfologia do Departamento de Geografia/FFLCH/USP.

Ao CGE/PMSP, SAISP/DAEE/FCTH e a Estação Meteorológica do IAG/USP pela disponibilização dos dados que possibilitaram as análises realizadas nesse trabalho.

Muito Obrigada!!!

RESUMO

AMARAL, Rosangela do. **Análise integrada do ambiente urbano e as inundações recorrentes: caso da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga (São Paulo/SP)**. 2020. 278 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

As inundações representam o desastre natural que ocorre com maior frequência no mundo e causam prejuízos humanos (mortos, feridos e desabrigados) e financeiros. A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) apresenta, anualmente no verão, sérios problemas com inundações em vias marginais aos rios e córregos, interrompendo o fluxo de veículos, além de residências, comércios e indústrias localizados próximo aos cursos d'água que são atingidos pela elevação e transbordamento do nível da água na planície. As características físicas da bacia, associadas às alterações antrópicas, podem interferir na frequência e na magnitude dos fenômenos de inundação nas áreas urbanas. **Objetivo:** Estabelecer os limiares pluviométricos para a ocorrência de inundações e quais são as variáveis que exercem maior ocorrência no desencadeamento desses eventos, tomando-se como estudo de caso a Bacia do Córrego Ipiranga – São Paulo/SP. **Metodologia:** Foi aplicado o método de Análise Integrada da Paisagem sob uma perspectiva multitemporal. Essa análise parte de um estado inicial, em 1900, ano que se dispõe da informação mais antiga sobre a área, e, ao longo do último século, busca identificar quais as alterações dos meios físico e antrópico causaram modificações na dinâmica da paisagem. Foram definidas seis variáveis de análise: morfologia da bacia; dados pluviométricos; histórico de inundações registradas na bacia; variação do nível d'água nos eventos de inundação; graus de impermeabilização da bacia e intervenções nos cursos d'água. **Resultados:** A partir da análise integrada observou-se que as características naturais do relevo, com amplas planícies e baixa declividade, favorecem o acúmulo de água e o escoamento lento na bacia nos eventos de inundação, que são intensificados pelas modificações antrópicas. Existem duas áreas da bacia que concentram os eventos de inundação: uma em médio curso e outra na porção jusante. Foram registrados 82 eventos, no período de 1965 a julho de 2017, que totaliza 52 anos. A média é de mais de uma inundação por ano na área da bacia. **Conclusões:** Foram reconhecidos os limiares que pré-dispõem a ocorrência de inundações. Nas porções de médio curso e na jusante as inundações ocorrem com cerca de 20 mm de chuva. Há diferenças em relação ao acumulado de 72 horas, que na porção jusante cerca de 40mm é o limiar para a ocorrência de inundações e na porção médio curso o limiar é de cerca de 30mm. Na média de todos os eventos registrados, as chuvas de cerca de 48 mm causam inundações no Córrego Ipiranga. Esses limiares indicam que a bacia do Córrego Ipiranga tem potenciais de inundação com diferenças importantes em relação ao limiar de 72 h adotado para o Município de São Paulo, que é de 60 mm.

Palavras-chave: Inundações. Dados históricos. Fatores do meio físico e antrópico. Bacias hidrográficas urbanas. Análise integrada multitemporal.

ABSTRACT

AMARAL, Rosangela do. **Integrated analysis of the urban environment and recurrent floods: the case of the Ipiranga Stream Watershed (São Paulo / SP)**. 2020. 278 f. Thesis (Doctorate in Physical Geography) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020

Flooding represents the most frequent natural disaster in the world and causes human (dead, injury and homelessness) and financial losses. The Metropolitan Region of São Paulo (RMSP) presents every year in summer, serious problems with floods in marginal roads to rivers and streams, interrupting or damaging traffic. Residences, shops and industries near the rivers are also affected by the elevation and overflow of the water level in the floodplains. The basin physical characteristics associated with anthropic alterations may interfere in frequency and magnitude of flooding phenomena in urban areas. **Objective:** Establish precipitation thresholds for the occurrence of floods and which variables are most important in triggering these events, using as a case study the Ipiranga Stream Basin - São Paulo / SP. The assessment supported the definition of flood thresholds in the basin. **Methodology:** The Integrated Landscape Analysis method was applied from a multitemporal perspective. This analysis starts from an earlier state in 1900, when the oldest information about the area is available, and over the last century seeks to identify which changes in the physical and anthropic environments caused changes in the dynamics of the area. landscape. Six analysis variables were defined: basin morphology; rainfall data; history of floods recorded in the basin; water level variation in flood events; impermeability degrees and interventions in the watercourses. **Results:** It was observed from the integrated analysis that the natural features of the relief, with wide plains and low slope, favor the accumulation of water and slow runoff in the flooding events, which are intensified by anthropic modifications. There are two stretches of the river that concentrate the flood events: one in the middle course and another in the downstream portion. There were 82 events, from 1965 to July 2017, totalizing 52 years. The average number of events is more than one flood per year in the basin area. **Conclusions:** The thresholds that predispose to the occurrence of floods were recognized. In the middle course and downstream portions, floods occur with about 20 mm rainfall. There are differences in relation to the 72 hours rainfall accumulation: in the downstream portion it is required about 40mm threshold for the occurrence of floods and in the medium course portion the threshold is about 30mm. On average of all recorded events, rainfall of about 48 mm causes flooding in the Ipiranga Stream. These thresholds indicate that the Ipiranga Stream Watershed has flood potential with important differences in relation to the 72 h threshold adopted for the Municipality of São Paulo, which is 60 mm.

Keywords: Flooding. Historical data. Physical and anthropic factors. Urban watersheds. Multitemporal integrated analysis.

Lista de Figuras

Figura 1.1-1: Ocorrências (a), impacto humano (b e c) e econômico (d) por tipo de desastres no mundo (Dados de 2019 em comparativo com a média do período 2009-2018).	2
Figura 1.1-2: Comparativo entre as perdas econômicas e quantidade de mortos em consequência das inundações registradas no mundo entre as décadas de 1950 e 2000.	4
Figura 1.1-3: Número de ocorrências de desastres em função de inundações registradas por país, no período entre 1970 e 2011.	4
Figura 1.1-4: Distribuição de acidentes por tipos de fenômenos no Estado de São Paulo, no período de 2000 a 2015.	5
Figura 1.1-5: Ocorrências de acidentes hidrológicos registrados no Estado de São Paulo, relacionados aos fenômenos hidrológicos, no período de 2000 a 2015.	6
Figura 1.4-1: Localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga no município de São Paulo/SP.	14
Figura 1.4-2: Vista para a montante da bacia, a partir da Passarela Manuel de Andrade Pinto, sobre a Rod. dos Imigrantes, Vila Guarani, São Paulo/SP. Nesse trecho, o Córrego Ipiranga está canalizado subterrâneo sob a Rod. dos Imigrantes.	15
Figura 1.4-3: Vista do médio curso da bacia em direção à montante, a partir do Viaduto Dr. Eduardo Saigh, Bairro Chácara Inglesa, São Paulo/SP. Às margens do Córrego Ipiranga estão as pistas da Av. Dr. Ricardo Jafet.	15
Figura 1.4-4: Vista do médio curso em direção à jusante, a partir do Viaduto Saioá, Vila Firmiano Pinto, São Paulo/SP. Às margens do Córrego Ipiranga estão as pistas da Av. Dr. Ricardo Jafet.	16
Figura 1.4.1-1: Caracterização da Bacia do Córrego Ipiranga – São Paulo/SP, conforme unidades geomorfológicas do Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo.	19
Figura 1.4.1-2: Mapa Geológico da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga – São Paulo/SP.	20
Figura 1.4.1-3: Caracterização climática da Bacia do Córrego Ipiranga – São Paulo/SP, conforme Mapa de Unidades Naturais do Município de São Paulo.	21
Figura 1.4.1-4: Valores médios de precipitação mensal na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, no período entre 1933 e 2016.	22
Figura 1.4.1-5: Valores médios de precipitação anual, por estação, na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, no período entre 1933 e 2016.	23
Figura 1.4.2-1: Área urbanizada no Município de São Paulo em no período entre 1872 e 1881.	24
Figura 1.4.2-2: Área urbanizada no Município de São Paulo no período entre 1882 e 1914.	25
Figura 1.4.2-3: Área urbanizada no Município de São Paulo no período entre 1915 e 1929.	26

Figura 1.4.2-4: Extrato da Planta da Cidade de São Paulo, em escala original 1:30.000, de 1924. Em pontilhado branco, a área aproximada da bacia do Córrego Ipiranga (de acordo com a topografia da carta), que apresenta a ocupação inicial nos bairros do Ipiranga, Cambuci e Vila Mariana e arruamentos no bairro da Saúde.	27
Figura 1.4.2-5: Área urbanizada no Município de São Paulo nos períodos: (a) entre 1930 e 1949, (b) entre 1950 e 1962, (c) entre 1963 e 1974, (d) entre 1975 e 1985, (e) entre 1986 e 1992, (f) entre 1993 e 2002.....	29
Figura 1.4.2-6: Evolução populacional no Município de São Paulo no período entre 1872 e 2010.	32
Figura 1.4.2-7: Extrato do “Mappa Topographico do Município de São Paulo”, do SARA BRASIL (1930), com trecho da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga no município de São Paulo/SP.	34
Figura 1.4.2-8: Imagem World View® (2017), com trecho da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga, Município de São Paulo/SP. Córrego localizado entre as pistas das Avenidas Prof. Abraão de Moraes e Dr. Ricardo Jafet..	35
Figura 1.4.2-9: Localização das fotos de notícias de eventos de inundação em mídia eletrônica na Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga – São Paulo/SP	40
Figura 1.4.2-10: Delimitação das áreas com registros de inundações na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, segundo dados da PMSP (2014)..	41
Figura 2.1-1: Variáveis que afetam a dinâmica e a morfologia do sistema fluvial	44
Figura 2.1-2: Obras de drenagem e urbanização: alterações nos processos de inundação	53
Figura 2.1-3: A Síndrome do rio urbano ilustra alguns dos principais mecanismos de degradação causados pela urbanização.	55
Figura 2.4-1: Total de municípios com instrumentos de gestão de riscos no Estado de São Paulo: evolução do indicador no período entre 2000 e 2015.	72
Figura 2.4-2: Macroáreas e Macrozonas definidas pelo Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo.	74
Figura 2.4-3: Macroáreas do Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo presentes na Bacia do Córrego Ipiranga.	75
Figura 2.5-1: Fluxograma dos procedimentos técnicos e operacionais.	86
Figura 3.1-1: Ordem hierárquica dos canais (segundo Strahler, 1957) da Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.	101
Figura 3.1-2: Declividade (em porcentagem) na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.....	104
Figura 3.1-3: Hipsometria da Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.....	106
Figura 3.1-4: Mapa geomorfológico de detalhe da Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP e classificação do relevo	109
Figura 3.1-5: Mapa geomorfológico da Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP e perfis transversais	110

Figura 3.2-1: Dados pluviométricos anuais na Bacia Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, com tendência linear (linha pontilhada), no período entre 1933 e 2016.	111
Figura 3.2-2: Valores médios, máximos e mínimos de precipitação mensal na Bacia Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, no período entre 1933 e 2016.	112
Figura 3.2-3: Máximos absolutos de precipitação diária e sua data de ocorrência, para o período de 1933 a 2016.	113
Figura 3.2-4: Totais diários de pluviosidade superior a 30 mm nas décadas entre 1930 e 2000, em intervalos de 30, 40, 60, 80, 100 e 120mm.	115
Figura 3.3-1: Quantidade de notícias de inundação na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, por décadas.	118
Figura 3.3-2: Pontos de ocorrência de inundação na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, na década de 1930, de acordo com Sara Brasil (1930).	120
Figura 3.3-3: Pontos de ocorrência de inundação na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, na década de 1960, de acordo com Sara Brasil (1930) e notícias consultadas.	121
Figura 3.3-4: Pontos de ocorrência de inundação na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, na década de 1970, de acordo com as notícias consultadas.	122
Figura 3.3-5: Pontos de ocorrência de inundação na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, na década de 1980, de acordo com as notícias consultadas.	124
Figura 3.3-6: Pontos de ocorrência de inundação na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, na década de 1990, de acordo com as notícias consultadas.	125
Figura 3.3-7: Pontos de ocorrência de inundação na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, na década de 2000, de acordo com as notícias consultadas.	126
Figura 3.3-8: Pontos de ocorrência de inundação na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, na década de 2010, de acordo com as notícias consultadas, dados do CGE e do SAISP.	127
Figura 3.3-9: Quantidade de ocorrências de inundação na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, no período entre 2007 e 2016, de acordo com os dados do CGE.	128
Figura 3.3-10: Quantidade de ocorrências de inundação por locais afetados, na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, no período entre 2007 e 2016, de acordo com os dados do CGE.	130
Figura 3.3-11: Pontos de inundação na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, identificados a partir das notícias de jornais e fontes oficiais.	131
Figura 3.4-1: Localização dos Postos Fluviométricos do DAEE na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.	133
Figura 3.4-2: Fluviometria do Posto P275 do DAEE, na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.	134

Figura 3.4-3: Fluviometria do Posto P275 e níveis de monitoramento no local, na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP	136
Figura 3.4-4: Fluviometria do Posto P563 do DAEE, na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP	137
Figura 3.4-5: Fluviometria do Posto P563 e níveis de monitoramento no local, na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.	138
Figura 3.4-6: Áreas afetadas por inundações, de acordo com a aplicação de entrevistas semiestruturadas, na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP	140
Figura 3.4-7: Altura do atingimento do nível da água nas áreas afetadas por inundações, de acordo com a aplicação de entrevistas semiestruturadas, na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.....	141
Figura 3.4-8: Galpão industrial localizado no Trecho 1, atingido pela inundação em março de 2019. A seta vermelha indica o nível do atingimento, cerca de 1,2 m. Proprietário relata prejuízos de cerca de R\$ 800 mil em perdas de estoque e bens, além da paralisação das atividades por 15 dias.	142
Figura 3.4-9: Área interna de residência localizada no Trecho 1, atingida pela inundação em março de 2019. A seta vermelha indica o nível do atingimento, cerca de 2 m. Proprietária relata perda de todos os móveis do andar térreo.	142
Figura 3.4-10: Área externa de residência localizada no Trecho 1, atingida pela inundação em março de 2019. A seta vermelha indica o nível do atingimento, cerca de 1,8 m em relação ao nível da rua. Proprietária relatou poucos prejuízos devido ao imóvel estar localizado em cota elevada e possuir comporta (seta azul).....	143
Figura 3.4-11: Galpão industrial localizado no Trecho 1, atingido pela inundação em março de 2019. A seta vermelha indica o nível do atingimento, cerca de 2 m.	143
Figura 3.4-12: Residências localizadas no Trecho 2. Embora atualmente não sejam atingidas pelas inundações, mantiveram seus portões do tipo comportas.	144
Figura 3.4-13: Comércio em cota elevada em relação às pistas da Av. Dr. Ricardo Jafet. Seta indica entrada da loja.	145
Figura 3.4-14: Vista a partir da Rua General Chagas Santos, cruzamento com a Av. Prof. Abraão de Moraes, no Trecho 4. Observa-se o desnível das ruas transversais em relação ao aterro da Avenida às margens do Córrego Ipiranga.	146
Figura 3.5-1: Área de adensamento urbano na Bacia do Córrego Ipiranga: (a) 1930, (b) 1940, (c) 1954,(d) 1958, (e) 1962, (f) 1994, (g) 2010 e (h) 2017.....	150
Figura 3.5-2: Área de adensamento urbano na Bacia do Córrego Ipiranga em 1930.....	152
Figura 3.5-3: Área de adensamento urbano na Bacia do Córrego Ipiranga em 1962.....	153
Figura 3.5-4: Área de adensamento urbano na Bacia do Córrego Ipiranga em 1994.....	154

Figura 3.5-5: Área de adensamento urbano na Bacia do Córrego Ipiranga em 2017.....	155
Figura 3.5-6: Localização das áreas amostrais na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.....	157
Figura 3.5-7: Área amostral 1 em imagem de alta resolução World View (2017).	158
Figura 3.5-8: Coeficientes de permeabilidade da Área 1.....	160
Figura 3.5-9: Área amostral 2 em imagem de alta resolução World View (2017).	161
Figura 3.5-10: Coeficientes de permeabilidade da Área 2.....	163
Figura 3.5-11: Área amostral 3 em imagem de alta resolução World View (2017). ..	164
Figura 3.5-12: Coeficientes de permeabilidade da Área 3.....	166
Figura 3.5-13: Área amostral 4 em imagem de alta resolução World View (2017). ..	167
Figura 3.5-14: Coeficientes de permeabilidade da Área 4.....	169
Figura 3.6-1: Extrato da Carta “Planta da Cidade de São Paulo – dos terrenos desapropriados para o seu abastecimento d’água”, em escala original 1:50.000, de 1900, com a delimitação aproximada da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga.	172
Figura 3.6-2: Fotografias de obras para retificação do Riacho do Ipiranga, posteriores às obras dos jardins do Parque da Independência que são de 1907. Na primeira foto, ao fundo, o Museu Paulista, popularmente conhecido como Museu do Ipiranga.	173
Figura 3.6-3: Extrato do Mappa Topographico do Município de São Paulo, do Sara Brasil (1930), com trecho nas proximidades do Parque da Independência, na Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga no Município de São Paulo/SP.	174
Figura 3.6-4: Extrato do Mappa Topographico do Município de São Paulo, do Sara Brasil (1930), com trecho próximo ao Bairro Chácara Inglesa, na Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga no Município de São Paulo/SP.	175
Figura 3.6-5: Vista aérea das obras para abertura da Avenida Água Funda (atual Av. Dr. Ricardo Jafet), e retificação do Córrego Ipiranga, no trecho em que corta o bairro de Vila São José, vista tomada em direção ao bairro de Vila Monumento, 1970.	176
Figura 3.6-6: Histórico de obras na Bacia do Córrego Ipiranga: (a) 1910 a 1920, (b) Década de 1930, (c) 1960 a 1970, (d) Década de 1980, (e) Década de 1990, (f) Década de 2000 e (g) Década de 2010.	178
Figura 3.6-7: Condições atuais dos cursos d’água que compõem a Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.	181
Figura 3.6-8: C1 – Foz do Córrego S/D, sob Rua Matinada, no Córrego Ipiranga....	182
Figura 3.6-9: C2 - Córrego S/D, sob Praça Manoel Rodrigues Sécio, desaguardo no Córrego Ipiranga.	182
Figura 3.6-10: C3 – Foz do Córrego S/D, sob trecho urbanizado entre Rua da Imprensa e Rua Mário Vicente.....	182
Figura 3.6-11: C4 – Foz do Córrego Chácara Monteiro, sob Rua Pedro Campana.	182

Figura 3.6-12: C5 – Foz do Córrego Rodrigo Vieira, sob cruzamento da Rua Rodrigo Vieira com a Av. Dr. Ricardo Jafet.....	182
Figura 3.6-13: C6 – Foz do Córrego S/D, altura do nº 1.301 da Av. Dr. Ricardo Jafet.....	182
Figura 3.6-14: C7 - Foz do Córrego S/D, sob área urbanizada, sob Rua Debret.....	183
Figura 3.6-15: C8 – Foz do Córrego S/D, sob Rua Maestro João Batista Julião.	183
Figura 3.6-16: C9 – Foz do Córrego Embuaçu, sob Rua Embuaçu.....	184
Figura 3.6-17: C10 – Foz do Córrego S/D, sob Viaduto Eduardo Saigh/Rua Loefgreen.....	184
Figura 3.6-18: C11 – Foz do Córrego do Ouvidor, sob Rua do Ouvidor.....	184
Figura 3.6-19: C12 – Foz do Córrego S/D, altura do nº 3.113 da Av. Dr. Ricardo Jafet.....	184
Figura 3.6-20: C13 – Foz do Córrego S/D, altura do nº 199 da Av. Prof. Abraão de Moraes.....	185
Figura 3.6-21: C14 – Foz do Córrego S/D, altura do nº 378 da Av. Prof. Abraão de Moraes.....	185
Figura 3.6-22: C15 – Foz do Córrego S/D, altura do nº 900 da Av. Prof. Abraão de Moraes.....	185
Figura 3.6-23: C16 - Foz do Córrego S/D, sob Av. Bosque da Saúde.....	185
Figura 3.6-24: C17 – Foz do Córrego S/D, próximo à Rua Catulo da Paixão Cearense	185
Figura 3.6-25: C18 - Foz do Córrego S/D, entre Ruas Arthur Thiré e Ribeiro Lacerda.....	185
Figura 3.6-26: C19 – Foz do Córrego S/D, altura do nº 2.200 da Av. Prof. Abraão de Moraes.....	186
Figura 3.6-27: C20 – Foz do Córrego S/D, altura do nº 2.115 da Av. Prof. Abraão de Moraes.....	186
Figura 3.6-28: C21 – Foz do Córrego da Barroca, próximo Av. Miguel Stefano.....	187
Figura 3.6-29: C22 – Foz do Córrego Cacareco, próximo ao final da Av. Fagundes Filho	187
Figura 3.6-30: Foz da Lagoa Aliperti na canalização subterrânea do Córrego Ipiranga.....	187
Figura 3.6-31: Vista da Lagoa Aliperti a partir da Passarela Manual de Andrade Pinto, sobre a Rodovia dos Imigrantes.....	187
Figura 3.6-32: Vista do Córrego Ipiranga a partir do cruzamento da Rua Pero Correia e Av. Dr. Ricardo Jafet (jusante). Presença de entulhos na calha principal.....	188
Figura 3.6-33: Vista do Córrego Ipiranga às margens da Av. Dr. Ricardo Jafet (jusante), no trecho entre Rua Pero Correia e Rua Pedro Campana. Presença de entulhos na calha principal.....	188
Figura 3.6-34: Presença de lixo e entulho no canal do Córrego Ipiranga, próximo ao cruzamento da Av. Bosque da Saúde com Av. Prof. Abraão de Moraes (médio curso).	189

Figura 3.6-35: Estreitamento de leito para sustentação de cruzamento da Rua Vergueiro com Av. Dr. Ricardo Jafet (jusante).	189
Figura 3.6-36: Vista do Córrego Ipiranga sob Viaduto Saioá. Estreitamento em pilstras de sustentação do viaduto (jusante).....	189
Figura 3.6-37: Estreitamento das paredes da canalização em cruzamento da Av. Bosque da Saúde com Av. Prof. Abraão de Moraes (médio curso)....	189
Figura 3.6-38: Curso natural N7.....	190
Figura 3.6-39: Curso natural N10.....	190
Figura 4.1.2-1: Grau de severidade das inundações, de acordo com o resultado obtido por meio de entrevistas semiestruturadas, na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.	195
Figura 4.1.3-1: Caracterização das precipitações nas datas com registro de inundação na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.	197
Figura 4.1.3-2: Volumes de precipitação dos eventos de inundação no período entre 2007 a 2011, na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.....	198
Figura 4.1.3-3: Volumes de precipitação dos eventos de inundação no período entre 2012 a 2017, na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.....	198
Figura 4.1.3-4: Volume de precipitações acumuladas nas 72 horas que antecederam os eventos de inundação no período entre 2007 a 2011, na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.....	199
Figura 4.1.3-5: Volume de precipitações acumuladas nas 72 horas que antecederam os eventos de inundação no período entre 2012 a 2017, na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.....	200
Figura 4.2-1: Síntese das características dos principais pontos de inundação na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.	211

Lista de Tabelas

Tabela 1.4.2-1: População do Município de São Paulo no período entre 1950 e 2010, densidade populacional, grau de urbanização e comparativo do município em relação à Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).....	31
Tabela 1.4.2-2: População em números absolutos nos distritos de Cambuci, Cursino, Ipiranga, Jabaquara, Saúde e Vila Mariana, que compõem a Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, no período entre 1950 e 2010.....	33
Tabela 1.4.2-3: Taxa de Crescimento (em %) nos distritos de Cambuci, Cursino, Ipiranga, Jabaquara, Saúde e Vila Mariana, que compõem a Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, no período entre 1950 e 2010.....	33
Tabela 2.1-1: Estágios da urbanização e seus possíveis efeitos no comportamento hidrológico.....	48
Tabela 2.1-2: Valores de taxa de escoamento superficial em áreas urbanas de acordo com o uso da terra, proposto por Ponce (1989).	50
Tabela 2.1-3: Valores de coeficientes de permeabilidade, proposto no método BAF e adaptado por Blanes (2011) e Bettine et al. (2012).	52
Tabela 2.1-4: Categorias de severidade das inundações, proposto por Schroeder et a. (2016).....	54
Tabela 2.6-1: Escala comparativa de par a par, conforme proposto por Saaty (1990).	96
Tabela 2.6-2: Exemplo de matriz comparativa de par a par, entre os elementos A, B, C e D.	97
Tabela 2.6-3: Exemplo de matriz normalizada, entre os elementos A, B, C e D.....	97
Tabela 2.6-4: Valores de RI utilizados para o cálculo de CR.....	98
Tabela 2.6-5: Exemplo de cálculo de CI e CR para os elementos A, B, C e D.....	98
Tabela 3.1-1: Dados morfométricos em relação aos canais, por ordem hierárquica, da Bacia do Córrego Ipiranga.	102
Tabela 3.1-2: Parâmetros morfométricos da Bacia do Córrego Ipiranga.	102
Tabela 3.1-3: Distribuição das declividades por área em m ² e valores percentuais na Bacia do Córrego Ipiranga.	103
Tabela 3.1-4: Distribuição da hipsometria por área em m ² e em valores percentuais na Bacia do Córrego Ipiranga.	105
Tabela 3.4-1- Nível da lâmina d'água e ação de monitoramento para o posto P275..	135
Tabela 3.4-2- Nível da lâmina d'água e ação de monitoramento para o posto P563.	137
Tabela 3.5-1: Relação percentual entre as áreas construídas e áreas permeáveis na Bacia do Córrego Ipiranga no período entre 1930 e 2017.....	148
Tabela 3.5-2: Coeficiente de permeabilidade – Área 1.....	159
Tabela 3.5-3: Coeficiente de permeabilidade – Área 2.....	162

Tabela 3.5-4: Coeficiente de permeabilidade – Área 3.....	165
Tabela 3.5-5: Coeficiente de permeabilidade – Área 4.....	168
Tabela 3.5-6: Comparativo da evolução dos índices BAF nas áreas amostrais.	170
Tabela 4.1.1-1: Frequência média anual e tempo de retorno estimado para os registros de inundação da Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, de acordo com as notícias de jornais e de fontes oficiais.....	192
Tabela 4.1.1-2: Frequência média anual e tempo de retorno estimado para os registros de inundação da Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, de acordo com as notícias de jornais e de fontes oficiais, separados por distribuição de eventos de chuva (<30mm, entre 30-40mm, 40 e 60mm, 60 a 80mm, 80 a 100mm, 100 a 120mm e > 120mm).	193
Tabela 4.1.3-1: Dados selecionados pela consistência e correlação entre parâmetros pluviométricos e fluviométricos para a definição de limiares no setor jusante da bacia.	202
Tabela 4.1.3-2: Dados selecionados pela consistência e correlação entre parâmetros pluviométricos e fluviométricos para a definição de limiares no setor médio curso da bacia.	205
Tabela 4.1.3-3: Limiares de precipitação para as porções jusante e médio curso da Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, de acordo com dados selecionados na Tabela 4.1-2 e 4.1.3, respectivamente.	207
Tabela 4.2-1: Síntese das principais características das variáveis analisadas e as implicações e/ou contribuições de cada uma nas inundações na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.	210
Tabela 4.3-1: A influência dos fatores naturais nas inundações.....	213
Tabela 4.3-2: A influência dos fatores antrópicos nas inundações.....	213
Tabela 4.3-3: Matriz de comparação para os fatores naturais da bacia.	214
Tabela 4.3-4: Julgamento do Fator 1 em relação ao Fator 2, em importância (fatores naturais), de acordo com definições da Tabela 2.6-1.	215
Tabela 4.3-5: Matriz de comparação para os fatores antrópicos da bacia.....	216
Tabela 4.3-6: Julgamento do Fator 1 em relação ao Fator 2, em importância (fatores antrópicos).	217
Tabela 4.3-7: Parâmetros normalizados para os fatores naturais – AHP (cálculos conforme abordados em 2.6 – Procedimentos metodológicos)	218
Tabela 4.3-8: Parâmetros normalizados para os fatores antrópicos – AHP (cálculos conforme abordados em 2.6 – Procedimentos metodológicos).....	218
Tabela 4.3-9: Síntese de julgamentos dos fatores naturais, conforme pesos (<i>Eigenvector</i>).....	219
Tabela 4.3-10 Síntese de julgamentos dos fatores antrópicos, conforme pesos (<i>Eigenvector</i>).....	219

Lista de Abreviaturas e Siglas

CEPED/UFSC – Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres
– Universidade Federal de Santa Catarina.

CGE/PMSP – Centro de Gerenciamento de Emergências da Prefeitura do
Município de São Paulo

COBRADE - Classificação e Codificação Brasileira de Desastres

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica

EM-DAT – The International Disasters Database

EMPLASA – Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano

FABHAT – Fundação Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê

IAG/USP – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da
Universidade de São Paulo

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IG – Instituto Geológico

IGC – Instituto Geográfico e Cartográfico

PEFI – Parque Estadual Fontes do Ipiranga

PMSP – Prefeitura do Município de São Paulo

SAISP/DAEE/FCTH – Sistema de Alerta a Inundações do Estado de São
Paulo, Departamento de Águas e Energia Elétrica, Fundação
Centro Tecnológico de Hidráulica

UGRHI – Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

USD – *United States Dollar* – Dólar Americano

SUMÁRIO

PARTE I – CONTEXTUALIZAÇÃO	1
1.1 Introdução	1
1.2 Justificativas	9
1.3 Objetivo e hipótese	11
1.4 Área de estudo	13
1.4.1 Caracterização física	17
1.4.2 Ocupação urbana e intervenções antrópicas	23
 PARTE II – CONCEITOS, REFERÊNCIAS E PROCEDIMENTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS.....	 43
2.1 As inundações e o meio urbano: interação entre fatores físicos e antrópicos	44
2.2 Análise integrada sob perspectiva multitemporal.....	56
2.3 Análise hierárquica multicriterial - AHP (Analytic Hierarchy Process)	63
2.4 Gestão para a redução de riscos relacionados a inundações	67
2.5 Procedimentos técnicos operacionais.....	85
2.6 Procedimentos metodológicos	87
 PARTE III - VARIÁVEIS DE ANÁLISE DOS FATORES NATURAIS E ANTRÓPICOS DA BACIA DO CÓRREGO IPIRANGA.....	 100
3.1 Variável 1: Morfologia da bacia.....	100
3.2 Variável 2: Dados pluviométricos.....	111
3.3 Variável 3: Histórico de eventos de inundações	117
3.4 Variável 4: Variação do nível d'água nos eventos de inundação	132
3.5 Variável 5: Graus de impermeabilização	149
3.6 Variável 6: Intervenções nos cursos d'água	171

PARTE IV – ANÁLISE INTEGRADA DA BACIA DO CÓRREGO IPIRANGA..... 191

4.1	Definição da frequência e magnitude das inundações e seus limiares....	191
4.1.1	Frequência das inundações	191
4.1.2	Magnitude das inundações.....	194
4.1.3	Limiares das inundações	196
4.2	Análise integrada das variáveis	209
4.3	Aplicação da análise multicritério.....	212
4.4	Conclusões	221
4.5	Recomendações	226
	Referências	235
	Anexos	251

ANEXO 1 – Documentação submetida à Plataforma Brasil, Ministérios da Saúde, para obtenção de aprovação no procedimento de aplicação de questionários semiestruturados para população, nos termos das Resoluções Federais nº 510/2016 e nº 466/2012.	252
ANEXO 2 – Eventos de inundação registrados na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, ao longo do período entre 1965 a 2017.	268
ANEXO 3 – Quadros integrantes da Lei Municipal nº 16.402/2016 – Parcelamento, uso e ocupação do solo no Município de São Paulo.....	274

PARTE I – CONTEXTUALIZAÇÃO

A inundação é um fenômeno natural, que ocorre em todos os continentes, em maior ou menor escala, de acordo com os índices pluviométricos de cada local. Os capítulos a seguir apontam os impactos humanos e materiais devido às inundações, notadamente concentrados nas áreas urbanas, e apresentam as justificativas, objetivo e hipótese da tese, e as características da área selecionada para análise.

1.1 INTRODUÇÃO

As alterações impostas pelos homens no meio urbano desencadeiam ou aceleram os processos geomorfológicos, descaracterizando, muitas vezes, o meio físico original. Essas alterações causam danos ambientais e consequências, como a indução de escorregamentos, de inundações, entre outros. Em última análise, essas consequências causam riscos e prejuízos sociais e econômicos ao próprio homem (LEOPOLD; WOLMAN; MILLER, 1964; WARD, 1978; GOUDIE, 1994; GUERRA; MARÇAL, 2006; SZABÓ; DÁVID; LÓCZY, 2010; MOROZ-CACCIA GOUVEIA, 2010).

Segundo dados de EM-DAT (2019), o total de perdas econômicas devido aos desastres naturais em 2019 foram da ordem de USD 103 bilhões. Em relação aos dados sociais mundiais, mais de 11 mil pessoas perderam a vida ou desapareceram na ocorrência desses desastres, enquanto mais de 94 milhões ficaram desabrigados.

Atualmente as inundações são o tipo de desastre natural que ocorre com maior frequência no mundo, com impactos relacionados a prejuízos humanos (mortos e afetados) e financeiros, conforme Figura 1.1-1 (a, d) (EM-DAT, 2019). No período entre 2009 e 2018 foi registrada uma média anual de quase 5 mil mortes relacionadas às inundações (Figura 1.1-1 (b)) e cerca de 71 milhões de pessoas afetadas (Figura 1.1-1 (c)).

Figura 1.1-1: Ocorrências (a), impacto humano (b e c) e econômico (d) por tipo de desastres no mundo (Dados de 2019 em comparativo com a média do período 2009-2018) (continua).

(a) Ocorrências por tipo de desastre.

(b) Número de mortes por tipo de desastre.

(c) Número de afetados (em milhões) por tipo de desastre.

Figura 1.1-1: Ocorrências (a), impacto humano (b e c) e econômico (d) por tipo de desastres no mundo (Dados de 2019 em comparativo com a média do período 2009-2018) (conclusão).

(d) Perdas econômicas (bilhões de US\$) por tipo de desastre.

Fonte: Adaptado de EM-DAT (2019)

Ao longo das últimas décadas as inundações causaram perdas econômicas em escala mundial, em vasta proporção a partir dos anos 90. Entretanto, observou-se que o número de mortes causadas pelas inundações vem diminuindo nos últimos anos. De acordo com Jha, Bloch e Lamond (2012) essa redução se deve à aplicação de bem sucedidas ações de gestão de risco de inundações. Essas fatalidades ainda são significativas em países em desenvolvimento, especialmente em relação à população de baixa renda e socialmente desfavorecida (Figura 1.1-2).

Figura 1.1-2: Comparativo entre as perdas econômicas e quantidade de mortos em consequência das inundações registradas no mundo entre as décadas de 1950 e 2000.

Fonte: Jha, Bloch e Lamond (2012).

Em escala global, o Brasil está entre os países mais atingidos pelas inundações (Figura 1.1-3). No século XX, as inundações representaram cerca de 60% dos desastres naturais ocorridos no país. Cerca de 40% dessas inundações foram registradas na região Sudeste (MARCELINO, 2007).

No período entre 1991 e 2012 a região Sudeste registrou 34% das inundações do país (CEPED/UFSC, 2013).

Figura 1.1-3: Número de ocorrências de desastres em função de inundações registradas por país, no período entre 1970 e 2011.

Fonte: Jha, Bloch e Lamond (2012).

No Estado de São Paulo, os acidentes relacionados aos fenômenos hidrológicos foram predominantes no período de 2000 a 2015 (Figura 1.1-4). Foi registrado um total de 6.064 acidentes, que atingiram 347 municípios do Estado (BROLLO; FERREIRA, 2016).

Conforme a classificação nacional do COBRADE são considerados acidentes geológicos os acidentes relacionados a: terremotos, erupções vulcânicas, queda, tombamento e rolamento de blocos; deslizamentos de solo e rocha; corrida de massa; subsidência e colapso; erosão costeira ou marinha; erosão de margem fluvial; erosão continental. Os acidentes hidrológicos envolvem: inundação; enxurrada; alagamento; inundação costeira. Os acidentes meteorológicos incluem: ciclones, tornados, raios, granizo, vendavais, chuvas intensas, ondas de calor e de frio. Por fim, os acidentes climatológicos, que envolvem: seca, estiagem, incêndios florestais e baixa umidade do ar (BRASIL, 2012a).

Figura 1.1-4: Distribuição de acidentes por tipos de fenômenos no Estado de São Paulo, no período de 2000 a 2015.

Fonte: Brollo e Ferreira (2016)

A distribuição desses acidentes por municípios do Estado de São Paulo destaca a predominância das ocorrências na UGRHI 6 – Alto Tietê, onde está localizada a RMSP, e que também é a região mais populosa do Estado (Figura 1.1-5).

Figura 1.1-5: Ocorrências de acidentes hidrológicos registrados no Estado de São Paulo, relacionados aos fenômenos hidrológicos, no período de 2000 a 2015.

Fonte: Brollo e Ferreira (2016)

De acordo com Steffen et al. (2015), a última metade de século XX é notadamente o período das maiores transformações humanas no meio natural. A população urbana mundial triplicou, bem como o consumo de água e construção de barragens, e apresentam a tendência futura de crescimento contínuo.

Em 2010 o Brasil apresentava 84,36% da população residente em áreas urbanas. No Estado de São Paulo esse percentual era de 96% e na Região Metropolitana de São Paulo e no Município de São Paulo, a população urbana representava 99% do total. Com o rápido crescimento da população, principalmente a partir da década de 1960 com a expansão das regiões metropolitanas, a urbanização também cresceu de forma acelerada e, muitas vezes, sem planejamento, desordenada e irregular (IBGE, 2011).

Na Grande São Paulo inúmeras áreas são atingidas por inundações todos os anos, principalmente no período do verão, devido às chuvas intensas. A ocorrência das inundações nas áreas urbanas tem sido intensificada pela impermeabilização dos solos, pela ocupação das planícies e também pelas alterações antrópicas nos cursos d'água, como retificações e canalizações.

Para avaliar a probabilidade de ocorrência de inundações deve-se analisar a combinação entre os condicionantes naturais e antrópicos, entre os quais se destacam: as formas do relevo; as características da rede de drenagem da bacia hidrográfica; a intensidade, quantidade, distribuição e frequência das chuvas; as características físicas e propriedades do solo; a presença ou ausência da cobertura vegetal, as taxas de impermeabilização dos solos e as alterações realizadas nos cursos d'água (AMARAL; RIBEIRO, 2009).

É importante considerar que estudos de inundações exigem dados coletados em longo prazo e ainda estão sujeitos a falhas em anos atípicos e situações de chuvas ou secas extremas. Ainda existe a carência de dados contínuos, sistemáticos e acessíveis que possibilitem análises confiáveis de longo prazo. Na área de hidrologia são desenvolvidos diversos modelos que buscam prever e avaliar os riscos e danos que são causados pelas inundações. Entretanto, a combinação de fatores deve ser feita de acordo com

as características e os dados disponíveis para cada local, e, portanto, não existe um modelo de aplicação universal.

Como forma de analisar a interação dos fatores condicionantes do processo de inundação em áreas urbanas tomou-se como estudo de caso a bacia do Córrego Ipiranga em São Paulo/SP, que desde a década de 1930 apresenta inundações recorrentes que afetam a população local. Busca-se, a partir da Análise Integrada da Paisagem, determinar o comportamento dos fatores dos meios natural e antrópico que contribuem para o desequilíbrio da relação dinâmica entre sociedade-natureza.

1.2 JUSTIFICATIVAS

Os estudos que abordam impactos causados por inundações devem sempre considerar que toda ocupação urbana nas várzeas pré-dispõe à ocorrência de atingimentos, e que, a depender de uma combinação de outras condições, podem acontecer com maior ou menor frequência.

A utilização de áreas de várzea é histórica e está ligada à grande dificuldade de deslocamento e escoamento de mercadorias no passado, quando se utilizava o rio como meio de transporte principal. Os rios também eram utilizados para obtenção de água para consumo e áreas de cultivo, bem como para disposição de dejetos. Assim, as cidades se desenvolveram preferencialmente às margens dos rios e no litoral. A área a ser ocupada dependia da memória dos habitantes locais em relação à extensão e a frequência com que as inundações ocorriam. Uma sequência de anos sem ocorrência de inundações constituía motivo para a sociedade avançar a ocupação nas planícies. Com o crescimento desordenado e acelerado das cidades, essas áreas foram sendo cada vez mais ocupadas e impermeabilizadas, apresentando como consequências prejuízos econômicos e humanos, especialmente nas regiões metropolitanas (TUCCI, 1995, 2002, 2003; TAVARES; SILVA, 2008).

A ocupação urbana interfere e transforma o comportamento hidrológico local, o que causa efeitos na redução da infiltração da água no solo e consequente aumento do escoamento superficial. A velocidade com que as águas chegam às planícies fluviais, seja por escoamento em superfícies impermeáveis ou pelas galerias de águas pluviais e servidas, é um fator preponderante para a ocorrência das inundações nas áreas urbanas, bem como as alterações aplicadas aos cursos d'água, como as retificações e as canalizações (DUNNE; LEOPOLD, 1978; TEIXEIRA, 2005).

Em São Paulo, o processo de ocupação das áreas de várzeas se iniciou na década de 1930, com a retificação do Rio Tietê, para futura implantação das avenidas marginais, e com a retificação do rio Pinheiros, com

inversão de seu fluxo para condução das águas para geração de energia elétrica na Usina Henry Borden, localizada em Cubatão/SP. Como consequência, as retificações liberaram as áreas de várzeas e meandros aterrados para empreendimentos imobiliários. Posteriormente, esse modelo foi adotado em outras áreas. Na década de 1970, as várzeas e fundos de vale foram institucionalizados como eixos de expansão da urbanização pelos governos da época. Desta forma, a ocupação das áreas dos rios não foi fruto apenas da ocupação desordenada, mas também de uma ação de incentivos políticos para empreendimentos imobiliários e para a instalação de importantes sistemas viários (CUSTÓDIO, 2002; SEABRA, 1987; KANASHIRO, 2013; ANELLI, 2015).

Para analisar a dinâmica das inundações é necessário definir como objeto de estudo a bacia hidrográfica da área em questão. As bacias hidrográficas constituem sistemas abertos e complexos, compostos por diversas variáveis, constantemente modificadas e que interagem entre si (ZĂVOIANU, 1985; COLTRINARI, 1994/2000; MORISAWA, 1985; SOUZA, 2005; TUNDISI, 2006).

A bacia escolhida para estudo de caso foi a Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP. A seleção dessa bacia hidrográfica se deu pelas repetidas notícias de inundações no local veiculadas na mídia nos últimos anos. As inundações geram impactos sociais e econômicos, e interferem na circulação regional, com a interdição de avenida de grande tráfego.

1.3 OBJETIVO E HIPÓTESE

O objetivo desta pesquisa é estabelecer os limiares pluviométricos para a ocorrência de inundações e quais são as variáveis que exercem maior ocorrência no desencadeamento desses eventos, tomando-se como estudo de caso a Bacia do Córrego Ipiranga – São Paulo/SP.

Para analisar integradamente os fatores naturais e antrópicos que pré-dispõem as inundações recorrentes em bacias hidrográficas urbanizadas foram selecionadas as variáveis:

- 1) Morfologia da bacia (forma, declividade, gradiente, densidade de drenagem);
- 2) Dados pluviométricos (frequência e quantidade das chuvas);
- 3) Histórico de inundações registradas na bacia;
- 4) Variação do nível d'água nos eventos de inundação, com base em dados fluviométricos e em entrevistas aplicadas em campo;
- 5) Graus de impermeabilização da bacia, com análises em áreas amostrais na bacia;
- 6) Intervenções nos cursos d'água (piscinões, retificações, canalizações).

Em observação às recorrentes inundações na área de estudo, a hipótese de trabalho é de que o desencadeamento desses eventos ocorra devido à ação de fatores do meio natural e que seja potencializado por ação antrópica.

Em consulta aos materiais cartográficos da década de 1930 observou-se que as inundações na bacia em análise já ocorriam em locais próximos aos que incidem atualmente, independente de todas as intervenções e adaptações empreendidas por obras de construção civil para minimizar o problema. Desde 1986 tem-se registro de 12 obras de drenagem, que incluíram processos de canalizações (abertas e fechadas) e retificações, realizadas com custo de

cerca de R\$ 170 milhões¹. A Prefeitura de São Paulo iniciou em 2017 a construção de piscinões para a contenção dos volumes escoados pela bacia, com valor de obra estimado em cerca de R\$ 240 milhões². Não foram obtidos os valores investidos antes desse período.

Nesse estudo não se propõe a utilização de modelos hidrológicos para avaliação ou previsão da inundação e sim a perspectiva de análise integrada da paisagem com ponto de vista sistêmico.

¹ Dados do Jornal Zona Sul, de 18/08/2017. Fonte: <http://jornalzonasul.com.br/corrego-ipuranga-obras-serao-retomadas/>, acesso em 09/10/2017.

² Dados da Prefeitura do Município de São Paulo. Fonte: http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/infraestrutura/arquivos/AUDIENCIAS/CORREGO%20IPURANGA%202014/apresentacao_corrego_ipuranga_parte_1.pdf, acesso em 18/06/2015.

1.4 ÁREA DE ESTUDO

A área selecionada para estudo foi a bacia do Córrego Ipiranga, denominado historicamente de Riacho do Ipiranga, localizado entre os Bairros da Água Funda e Ipiranga, zona sul do Município de São Paulo (Figura 1.4-1). O local registra anualmente grandes inundações, que geram como consequência diversos transtornos, prejuízos sociais e econômicos. Às margens do Córrego estão situadas as Avenidas Dr. Ricardo Jafet e Prof. Abraão de Moraes, vias que ligam a zona sul ao centro da cidade, e apresentam grande fluxo de veículos, e considerável infraestrutura de comércio e residências. Essas avenidas também são um importante acesso da capital para o litoral pela Rodovia dos Imigrantes (Figuras 1.4-2 a 1.4-4).

O Córrego Ipiranga é um dos principais afluentes do Rio Tamanduateí, componente da UGRHI Alto Tietê, que abrange os municípios da Região Metropolitana de São Paulo.

Sua extensão aproximada é de 11 km e sua área de contribuição corresponde a 23 km². Deste total, cerca de 80% estão urbanizados e os 20% restantes são representados pelo remanescente de mata do Parque Estadual Fontes do Ipiranga (PEFI), onde está localizada grande parte das nascentes do córrego. O PEFI é um dos mais significativos remanescentes de Mata Atlântica inseridos em área urbana no Brasil.

A área da Bacia está sob administração de 4 subprefeituras do Município de São Paulo: Jabaquara, Ipiranga, Sé e Vila Mariana.

Figura 1.4-1 - Localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga - São Paulo/SP

Localização da Bacia Hidr. Cór. Ipiranga no Município de São Paulo/SP

Localização da Bacia Hidr. Cór. Ipiranga na Bacia Hidr. do Rio Tamanduateí

* SD - Córregos sem denominação oficial

Referências - Endereços	
1	Av. Teresa Cristina
2	Pça do Monumento
3	Av. Dr. Ricardo Jafet
4	Rua Cel. Diogo
5	Rua Rodrigo Vieira
6	Av. Prof. Abraão de Moraes
7	Rua Vergueiro
8	Rua Embuaçu
9	Rua Ouvidor Peleja
10	Av. Bosque da Saúde
11	Rua Ribeiro Lacerda
12	Pça. Leonor Kaupa
13	Rua Elisa Silveira
14	Rod. dos Imigrantes
15	Rua Matinada
16	Pça. Manoel Rodrigues Sécio
17	Rua Dr. Mário Vicente
18	Rua Pedro Campana
19	Rua Debret
20	Rua Maestro João Batista Julião
21	Rua Loefgreen
22	Viaduto Dr. Eduardo Saigh
23	Viaduto Saióá
24	Rua Itaucama
25	Av. D. Manuel Ressureição
26	R. Catulo da Paixão Cearense
27	Av. Afonso D'Escragnoile Taunay
28	Av. Miguel Stéfano
29	Av. Água Funda
30	Rua Lírio Ferreira

Figura 1.4-2: Vista para a montante da bacia, a partir da Passarela Manuel de Andrade Pinto, sobre a Rod. dos Imigrantes, Vila Guarani, São Paulo/SP. Nesse trecho, o Córrego Ipiranga está canalizado subterrâneo sob a Rod. dos Imigrantes.

Foto: Amaral, R. (2018).

Figura 1.4-3: Vista do médio curso da bacia em direção à montante, a partir do Viaduto Dr. Eduardo Saigh, Bairro Chácara Inglesa, São Paulo/SP. Às margens do Córrego Ipiranga estão as pistas da Av. Dr. Ricardo Jafet.

Foto: Amaral, R. (2018).

Figura 1.4-4: Vista do médio curso em direção à jusante, a partir do Viaduto Saioá, Vila Firmiano Pinto, São Paulo/SP. Às margens do Córrego Ipiranga estão as pistas da Av. Dr. Ricardo Jafet.

Foto: Amaral, R. (2018).

1.4.1. Caracterização física

A bacia do Córrego Ipiranga está situada em duas Unidades Geomorfológicas: a parte central e norte estão no Planalto de São Paulo, onde os modelados predominantes são as colinas e os patamares aplanados, entre 800 e 900m de altitude, situadas no contexto da Bacia Sedimentar de São Paulo. As declividades médias estão entre 20 e 30% e os tipos de solos predominantes são os Latossolos Vermelho-Amarelos. A fragilidade potencial do relevo neste compartimento é classificada como média, com formas de dissecação média a alta, com vales entalhados e densidade de drenagem média a alta. São áreas sujeitas a forte atividade erosiva. A parte sul da bacia está no compartimento do Planalto Atlântico, unidade do Planalto Paulistano/Alto Tietê, onde os modelados predominantes são os morros altos e médios, com altitudes entre 800 e 900m, suportadas pelas Unidades Geológicas do Cinturão Orogênico do Atlântico. As declividades médias estão entre 10 e 20% e os tipos de solos predominantes são os Argissolos Vermelho-Amarelos e os Cambissolos. A fragilidade potencial do relevo neste compartimento é classificada como muito alta, com formas de dissecação muito intensa, vales de entalhamento pequeno e densidade de drenagem alta ou vales muito entalhados, com densidades de drenagem menores. São áreas sujeitas a processos erosivos agressivos, inclusive com movimentos de massa (ROSS; MOROZ, 1997). As unidades geomorfológicas são representadas na Figura 1.4.1-1.

A área geomorfológica da Bacia do Córrego Ipiranga, é delimitada em sua borda oeste pelo Espigão Central das colinas paulistanas que, de acordo com Ab'Saber (2007), caracteriza-se por:

O alongado e estreito espigão, de topo aplainado, que avança de SE para NW, a partir aproximadamente do centro da Bacia de São Paulo, constitui a principal plataforma interfluvial do sistema de colinas da região paulistana. Trata-se do mais importante e bem definido dos elementos geomórficos do sítio urbano da capital paulista (AB'SABER, 2007, p.108).

As unidades litoestratigráficas presentes são os sedimentos quaternários, associados aos depósitos aluviais atuais, os sedimentos terciários, associados às Formações São Paulo e Resende, relacionados à Bacia de São Paulo, e as rochas cristalinas pré-cambrianas, com predomínio dos granitoides foliados e micaxistos do Complexo Embu, no domínio do Cinturão Orogênico Mantiqueira (FERNANDES et al., 2016), conforme Figura 1.4.1-2.

De acordo com Tarifa e Armani (2001), o clima predominante na área é Tropical úmido de Altitude do Planalto Paulistano (I), caracterizado por três compartimentos: (A) os topos mais elevados dos maciços, serras e altas colinas; (B) as colinas intermediárias, morros baixos, terraços e patamares e (C) várzeas e baixos terraços. Na unidade I-A2, correspondente ao Espigão Central, a temperatura é relativamente amena pelo próprio efeito da altitude, com médias anuais em torno de 19,3°C, a média anual das máximas em torno de 24,9°C e a média anual das mínimas em torno de 15,5°C. Os totais anuais de pluviosidade variam de 1.250 a 1.450 mm e os máximos de 24 horas oscilam entre 100 e 175 mm. Na unidade IB3, referentes às colinas, patamares e rampas da face leste do Espigão Central, as médias de temperatura são equivalentes à unidade I-A. Os totais pluviométricos anuais oscilam entre 1.250 e 1.580 mm e os máximos em 24 horas entre 100 e 200 mm. Na unidade I-C2, correspondente às várzeas e baixos terraços do Rio Tamanduateí, condiciona temperaturas relativamente elevadas por estarem localizadas em áreas baixas e planas que recebem e absorvem maior quantidade de radiação solar. A média anual varia entre 19,7° e 19,6°C, a média anual das máximas oscila entre 25,3° e 25,2°C e a média anual das mínimas de 15,9° e 15,8°C. Os totais pluviométricos oscilam entre 1.240 a 1.560 mm e os máximos em 24 horas de 100 a 175 mm. A Figura 1.4.1-3 apresenta a caracterização climática da Bacia do Córrego Ipiranga.

Figura 1.4.1-1: Caracterização da Bacia do Córrego Ipiranga – São Paulo/SP, conforme unidades geomorfológicas do Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo.

Figura 1.4.1-2: Mapa Geológico da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga – São Paulo/SP

Figura 1.4.1-3: Caracterização climática da Bacia do Córrego Ipiranga – São Paulo/SP, conforme Mapa de Unidades Naturais do Município de São Paulo.

Os valores médios de precipitação mensal e a distribuição do regime pluvial ao longo do ano, com verões chuvosos e invernos mais secos, específicos da área da bacia hidrográfica do Córrego Ipiranga são apresentados na Figura 1.4.1-4.

Figura 1.4.1-4: Valores médios de precipitação mensal na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, no período entre 1933 e 2016.

Org.: Amaral (2018). Fonte dos dados: IAG/USP (2016).

Em relação à distribuição da pluviosidade entre as estações do ano, observou-se que o período de verão (dezembro a fevereiro) apresenta pluviosidade média anual de 633 mm e o período de inverno (junho a agosto) apresenta média anual de 135 mm (Figura 1.4.1-5).

Figura 1.4.1-5: Valores médios de precipitação anual sazonal na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, no período entre 1933 e 2016.

Org.: Amaral (2018). Fonte dos dados: IAG/USP (2016).

*DJF= Dezembro, Janeiro e Fevereiro (Verão); MAM= Março, Abril e Maio (Outono); JJA= Junho, Julho e Agosto (Inverno); SON= Setembro, Outubro e Novembro (Primavera).

1.4.2. Ocupação urbana e intervenções antrópicas

Para caracterizar a ocupação da bacia do Córrego Ipiranga, procurou-se contextualizar a área de estudo na dinâmica da evolução populacional do Município de São Paulo.

Adensamento urbano no Município de São Paulo

A ocupação da bacia do Córrego Ipiranga no início do século XX era bastante incipiente, conforme dados da Prefeitura do Município de São Paulo (PMSP, 2017b). Por volta de 1872 a aglomeração urbana no município de São Paulo se concentrava nos bairros centrais (República, Sé e Brás), conforme Figura 1.4.2-1. Nesse ano a população do município era de 31.385 habitantes.

Entre 1882 e 1914, a área urbanizada se expande para os bairros limítrofes, ainda na região central (Santa Cecília, Bom Retiro, Pari, Belém, Moóca, Cambuci, Liberdade, Bela Vista, Consolação) e alguns mais distantes

(Santana, Tucuruvi, Vila Guilherme, Penha, Tatuapé, Lapa, Barra Funda, Perdizes, Jardim Paulista e nos bairros de Vila Mariana e Ipiranga), conforme a Figura 1.4.2-2. Em 1890 a população do município era de 64.934 habitantes e em 1900 salta para 239.820 habitantes, em uma taxa de crescimento anual de 14%.

Figura 1.4.2-1: Área urbanizada no Município de São Paulo no período entre 1872 a 1881.

Área Urbanizada

1872

- Distritos Atuais
- Jardim Público (Parque da Luz)
- Área urbanizada até 1881

0 1 2 3
Quilômetros

Fonte: Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano – Emplasa.
Mapa de Expansão da Área Urbanizada da Região Metropolitana de São Paulo, 2002/2003.
Adaptação: Secretaria Municipal de Planejamento – Sempla/Dipro

Figura 1.4.2-2: Área urbanizada no Município de São Paulo no período entre 1882 e 1914.

A partir da década de 1920 a ocupação urbana se expande em direção à zona sul do município de São Paulo, a partir da confluência entre os rios Tamanduateí e Ipiranga. Verifica-se que a ocupação também se expande em direção às zonas norte e leste (Figura 1.4.2-3). No ano de 1920 a população do município era de 579.033 habitantes.

Figura 1.4.2-3: Área urbanizada no Município de São Paulo no período entre 1915 e 1929.

Fonte: Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano – Empresa. Mapa de Expansão da Área Urbanizada da Região Metropolitana de São Paulo, 2002/2003.
Adaptação: Secretaria Municipal de Planejamento – SempiaDiplo

A Planta da Cidade de São Paulo, datada de 1924, apresenta as expansões urbanas no Município de São Paulo, na área central (entorno da região da Sé). A Figura 1.4.2-4 apresenta um recorte da carta para a área de interesse, com o início das ocupações urbanas às margens do Córrego Ipiranga e em seu entorno.

Figura 1.4.2-4: Extrato da Planta da Cidade de São Paulo, em escala original 1:30.000, de 1924. Em pontilhado branco, a área aproximada da bacia do Córrego Ipiranga (de acordo com a topografia da carta), que apresenta a ocupação inicial nos bairros do Ipiranga, Cambuci e Vila Mariana e arruamentos no bairro da Saúde.

Fonte: PMSP, 2017b.

Segundo Ab'Saber (2007), na década de 1920 o município de São Paulo passa por um processo de urbanização caprichosa e moderna de áreas com declividade acentuada próximas ao centro da cidade.

Enquanto a porção média dos vales favoreceu o traçado de sinuosas avenidas asfaltadas e arborizadas, as ladeiras das vertentes e, até mesmo, os abruptos dos altos esporões foram urbanizados, por meio de alamedas e ruas de traçado elítico ou circular, que acompanham grosso modo as curvas de nível das encostas. As altas colinas do vale do Pacaembu exemplificam bem esse tipo de adaptação local da estrutura urbana a um caso particular de forma de relevo (AB'SABER, 2007, p. 120).

Entretanto, a ocupação constatada em 1930 nas Cartas do Sara Brasil, mostram que na bacia do Córrego Ipiranga esse planejamento não ocorreu. A maior parte das ruas implantadas ao longo da bacia seguem perpendiculares ao rio, ou seja, direcionam o escoamento superficial em alta velocidade para a planície. Já nessa época são registrados diversos pontos denominados como brejos ao longo do Córrego.

Entre as décadas de 1930 e 1950 a ocupação urbana alcança praticamente toda a bacia do Córrego Ipiranga, bem como se expande para outros bairros das zonas sul, leste e norte, e, em menor escala, bairros na zona oeste do Município de São Paulo (Figura 1.4.2-5 (a)). Em 1940 a população no município alcança 1.326.261 habitantes.

A partir da década de 1950 a urbanização se intensifica em direção aos extremos das zonas leste, oeste e norte e em direção às áreas dos mananciais dos reservatórios Billings e Guarapiranga na zona sul, conforme a Figura 1.4.2-5 (b), (c), (d), (e) e (f).

O período que apresentou a maior expansão da urbanização no Município de São Paulo ocorreu entre os anos de 1950 e 1962 (Figura 1.4.2-5 (b)).

Figura 1.4.2-5: Área urbanizada no Município de São Paulo nos períodos: (a) entre 1930 e 1949, (b) entre 1950 e 1962 e (c) entre 1963 e 1974 (continua).

Fonte: PMSP (2017b).

Figura 1.4.2-5: Área urbanizada no Município de São Paulo nos períodos: (d) entre 1975 e 1985, (e) entre 1986 e 1992, (f) entre 1993 e 2002 (conclusão).

Fonte: PMSP (2017b).

Em consequência da urbanização, ocorre, em paralelo, a supressão de áreas verdes.

A Tabela 1.4.2-1 apresenta o crescimento da população do Município de São Paulo ao longo do período entre 1950 e 2010, densidade populacional e grau de urbanização, bem como o comparativo do município em relação à Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

Tabela 1.4.2-1: População do Município de São Paulo no período entre 1950 e 2010 (total, urbana e rural), taxa de crescimento, densidade populacional, grau de urbanização e comparativo do município em relação à Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

Ano	Área do Município (km ²)	População total (hab)	Pop. urbana	Pop. rural	TCGA* (%)	Densidade pop. (hab/km ²)	GU** (%)	Participação do município em relação RMSP (%)
1950	1.624	2.198.096	2.052.142	145.954	5,2	1.354	93,4	83,8
1960	1.587	3.781.446	***	***	5,6	2.310	***	79,8
1970	1.509	5.924.615	5.872.856	51.759	4,6	3.926	99,1	72,8
1980	1.509	8.493.226	8.337.241	155.985	3,7	5.628	98,2	67,5
1991	1.509	9.646.185	9.412.894	233.291	1,2	6.392	97,6	62,5
2000	1.509	10.434.252	9.813.187	621.065	0,9	6.915	94,0	58,4
2010	1.509	11.253.503	11.152.344	101.159	0,8	7.458	99,1	57,2

* Taxa de Crescimento Geométrico Anual

** Grau de urbanização

***Os dados do Censo de 1960 não permitem a identificação da população urbana e rural e do grau de urbanização do período.

Fonte: PMSP (2017b)

Org.: Amaral (2018).

A diminuição do grau de urbanização na década de 2000 ocorreu em função da expansão da ocupação nas áreas periféricas, localizadas nos extremos norte e sul do município, definidas no zoneamento municipal como áreas rurais. Essas áreas também são destinadas a preservação de mananciais (Cantareira e Guarapiranga) (Fig. 1.4.2-5 (f)).

Segundo Bógus e Veras (2000), a queda da participação do município em relação à RMSP é fruto da diminuição dos fluxos migratórios, bem como também do processo de redistribuição da população nos municípios do entorno da capital, em função da oferta de empregos e da expansão de áreas residenciais, inclusive de padrão médio e alto. Destacam-se também a

migração de domicílios para os “municípios-dormitório”, em função do menor custo para a população de baixa renda.

A Figura 1.4.2-6 mostra a evolução populacional no Município de São Paulo, para o período entre 1872 e 2010.

Figura 1.4.2-6: Evolução populacional no Município de São Paulo no período entre 1872 e 2010.

Fonte: PMSP (2017b)

Adensamento urbano na área da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga

Em relação aos distritos do Cambuci, Cursino, Ipiranga, Jabaquara, Saúde e Vila Mariana, que compõem a bacia do Córrego Ipiranga, o crescimento populacional é apresentado nas Tabelas 1.4.2-2 e 1.4.2-3.

Tabela 1.4.2-2: População em números absolutos nos distritos de Cambuci, Cursino, Ipiranga, Jabaquara, Saúde e Vila Mariana, que compõem a Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, no período entre 1950 e 2010.

Distrito	1950	1960	1970	1980	1991	2000	2010
Cambuci	35.499	39.789	39.727	44.851	37.069	28.717	36.948
Cursino	25.463	52.021	90.462	116.473	110.435	102.089	109.088
Ipiranga	94.692	109.546	111.939	117.588	101.533	98.863	106.865
Jabaquara	26.854	72.546	141.762	196.151	214.350	214.095	223.780
Saúde	29.011	63.139	104.872	136.221	126.596	118.077	130.780
Vila Mariana	54.437	88.718	115.758	143.222	132.822	123.683	130.484
TOTAL	267.906	427.719	606.490	756.486	724.796	687.524	739.955

Org.: Amaral (2018). Fonte dos dados: PMSP (2017b)

Tabela 1.4.2-3: Taxa de Crescimento (em %) nos distritos de Cambuci, Cursino, Ipiranga, Jabaquara, Saúde e Vila Mariana, que compõem a Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, no período entre 1950 e 2010.

Taxa de crescimento (%) por Distrito	1950-1960	1960-1970	1970-1980	1980-1990	1990-2000	2000-2010
Cambuci	1,15	-0,02	1,22	-1,72	-2,80	2,55
Cursino	7,41	5,69	2,56	-0,48	-0,87	0,67
Ipiranga	1,47	0,22	0,49	-1,33	-0,30	0,78
Jabaquara	10,45	6,93	3,30	0,81	-0,01	0,44
Saúde	8,09	5,20	2,65	-0,66	-0,77	1,03
Vila Mariana	5,01	2,70	2,15	-0,68	-0,79	0,54

Org.: Amaral (2018). Fonte dos dados: PMSP (2017b)

Observa-se que desde a década de 1930, conforme informações obtidas nas Cartas do Sara Brasil, a planície fluvial do Córrego Ipiranga já apresentava ocupações e trechos com modificações no curso d'água, conforme exemplificado na Figura 1.4.2-7.

Figura 1.4.2-7: Extrato do “Mappa Topographico do Município de São Paulo”, do SARA BRASIL (1930), com trecho da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga no município de São Paulo/SP.

Org.: Amaral (2018). Fonte: Carta nº 73/74, Sara Brasil (1930).

O mesmo trecho pode ser visualizado em sua ocupação em 2017, por meio da Imagem World View®, conforme Figura 1.4.2-8. A maior parte das ruas permanece com mesmo nome (logradouro) e traçado, e as modificações mais intensas estão às margens do Córrego, onde hoje se localizam as Avenidas Prof. Abraão de Moraes e Dr. Ricardo Jafet. A antiga área denominada brejo em 1930 hoje está totalmente ocupada.

Figura 1.4.2-8: Imagem World View® (2017), com trecho da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga, Município de São Paulo/SP. Córrego localizado entre as pistas das Avenidas Prof. Abraão de Moraes e Dr. Ricardo Jafet.

Org.: Amaral (2018). Fonte: Imagem World View (2017).

De acordo com Seabra (1987), as várzeas dos rios possuem significado histórico e social, sobretudo para os moradores ribeirinhos que tinham no rio sua fonte de subsistência e área de lazer, portanto, identificada como um recurso da sociedade. Entretanto, a visão de várzea como um recurso, em certo momento, passa a ser contraditório em relação às várzeas como espaços da cidade, ou lugares que poderiam abrigar outros usos. Essa possibilidade de outros usos começaria a ocorrer com as canalizações e consequentes drenagens das várzeas.

O processo de transformação tecnológica - canalizações e drenagem - foi subtraindo da vida desses habitantes qualquer significação histórica do rio e das várzeas. Produziu-se um espaço tecnológico, estranho aos habitantes da cidade. É um espaço produzido segundo uma lógica produtivista que visa incessantemente maiores rentabilidades (SEABRA, 1987, p. 108).

Na bacia do Córrego Ipiranga observou-se, por análise de aerofotos, que as áreas que estavam denominadas como brejos na década de 1930 passaram a ser utilizadas como pequenos cultivos de agricultura na década de 1940.

Nessa época, algumas notícias já relatavam a dinâmica das inundações nas várzeas, conforme levantamentos realizados por Fernandes (2017).

A várzea do Ypiranga está já bastante alagada, temendo-se que as enchentes tome as proporções daquela, que não há muitos anos, ali sucedeu (Folha da manhã, p. 9, 18/01/1929). No mesmo período foram publicadas mais duas reportagens sobre o mesmo evento: uma notícia informava sobre o cadáver de um operário encontrado flutuando no rio Ipiranga (Folha da Manhã, p. 4519305, 22/01/1929) e outra fazendo um balanço desta enchente e contabilizando o total de mortes devido ao evento em São Paulo: no total 12 (Folha da manhã, p. 4519305, 03/02/1929) (FERNANDES, 2017, p. 28).

A partir da década de 1960 se iniciam as retificações no canal do rio e a ocupação urbana no seu entorno.

Após todas as obras de retificação, em geral, começam as obras de desassoreamento.

A questão do desassoreamento dos canais em São Paulo (Tamanduateí-Tietê e Pinheiros) aparecerá sempre renovada. O volume do assoreamento tem crescido ao longo do tempo e explica-se pela urbanização das bacias. O índice de impermeabilização crescente aumenta o volume do escoamento superficial; as calhas naturais recebem um volume crescente de esgoto in natura, dessa enorme área que se constituía já na Região Metropolitana de São Paulo. (...) O serviço de desassoreamento teria que ser executado em proporção ao crescimento da Região Metropolitana de São Paulo (SEABRA, 1987, p. 135).

Na década de 1960 são registradas outras notícias nos jornais sobre as inundações relacionadas ao Córrego Ipiranga, que continuam se repetindo a cada década até a atualidade, conforme principais extratos dos meios de comunicação pesquisados³:

PREFEITURA INICIARÁ MAIS OBRAS

O professor Rafael Baldacci, chefe de gabinete do prefeito, determinou ontem ao administrador-regional de Vila Mariana e ao engenheiro Nilson Calamita que examinassem “*in loco*” as condições do Córrego Ipiranga, que está inundando vasta região da Capital, ocasionando sensíveis prejuízos à população. (Fonte: Estado de S. Paulo, 11/12/1965).

PREFEITO DETERMINA COMBATE ÀS CHEIAS

Na região do Ipiranga, entre a avenida Teresa Cristina, ruas Cipriano Barata e Agostinho Gomes, as águas subiram cerca de 1m40 com as últimas chuvas. Para que isso seja evitado, o prefeito ordenou a abertura de concorrência pública visando ao alargamento do córrego Ipiranga. (Fonte: Estado de S. Paulo, 29/02/1968).

TEMPORAL ALAGA A CIDADE; RIOS TIETÊ E TAMANDUATEÍ TRANSBORDAM

No Ipiranga choveu 38 mm em 45 minutos. (...) No Ipiranga, o rio Tamanduateí transbordou e alagou algumas ruas segundo a Prefeitura, principalmente as ruas Ricardo Jafet e Teresa Cristina. Isso ocasionou um grande congestionamento no início da Rodovia dos Imigrantes. (Fonte: Estado de S. Paulo, 10/11/1981).

³ Transcritos conforme originais.

AS CHUVAS MATAM EM SÃO PAULO

No bairro do Ipiranga, a avenida Ricardo Jafet também ficou alagada, depois do transbordamento do Córrego Ipiranga, que inundou a rua Coronel Diogo e Praça do Monumento. (Fonte: Estado de S. Paulo, 14/02/1985).

CHUVA EM ABRIL ASSUSTA BAIRRO

As ruas dos Mongóis e D. Valverde e a Avenida Ricardo Jafet, no Ipiranga, ficaram inundadas ontem à tarde pela 12ª vez este ano, mas pela primeira vez num mês de abril, segundo pessoas que há muitos anos moram lá. A chuva começou às 16h20 e fez com que o Córrego do Ipiranga transbordasse e invadisse as casas daquelas ruas, onde a enxurrada chegou a 1,80 metros de altura. Na Avenida Ricardo Jafet o trânsito foi interrompido. (...) Às 17h20 o nível da água começou a baixar, deixando à mostra as ruas cobertas de lama e a destruição de móveis e utensílios domésticos dentro das residências. (Fonte: Estado de S. Paulo, 17/04/1991).

CHUVA VOLTA A BLOQUEAR O TRÂNSITO

Chuva causa diversos pontos intransitáveis, entre eles as Avenidas Dr. Ricardo Jafet e Prof. Abraão de Moraes ficaram bloqueadas. (Fonte: Folha de São Paulo, 02/02/1995).

CHUVA PROVOCA ALAGAMENTOS NAS PRINCIPAIS AVENIDAS DA ZONA SUL DE SÃO PAULO

A chuva do fim da tarde de ontem prejudicou principalmente a região sul. Na Avenida Dr. Ricardo Jafet, as águas encobriram veículos e os bombeiros foram chamados para resgatar pessoas ilhadas em suas casas e nas ruas próximas. (Fonte: Folha de São Paulo, 20/02/2004).

CHUVA ALAGA RUAS E FAZ CÓRREGO TRANSBORDAR

Água do Ipiranga invadiu avenida durante 30 minutos. (Fonte: Folha de São Paulo, 25/01/2010).

CHUVA FORTE FECHA AEROPORTO E FAZ CÓRREGO TRANSBORDAR EM SÃO PAULO

O córrego Ipiranga transbordou e a cidade chegou a registrar dez pontos de alagamento. (Fonte: Folha de São Paulo, 28/01/2015).

Observa-se, portanto, que os eventos de inundação já ocorriam em alguns trechos ao longo do Córrego, mas até a década de 1960 não interferiam na vida urbana, e, portanto, não havia relevância em serem noticiados.

De acordo com os meios de comunicação consultados, nos últimos anos, o Córrego Ipiranga apresentou diversos trechos com inundações recorrentes. As fotos publicadas em mídia eletrônica apresentam eventos próximos à sua foz no Rio Tamanduateí (Fotos 1 a 3) e em seu médio curso (Fotos 4 a 6), conforme localização de cada ponto em relação à Bacia que pode ser visualizado na Figura 1.4.2-9.

A recorrência das inundações nesses locais também foi investigada pela Prefeitura de São Paulo, o que originou o documento “Obras para controle de inundações na Bacia do Riacho do Ipiranga” (PMSP, 2014), que busca alternativas para minimizar os problemas e prejuízos, conforme representado na Figura 1.4.2-10, que delimita as áreas atingidas na Bacia.

Observa-se que as áreas de inundação apontadas nesse estudo ocorrem ao longo das Avenidas Prof. Abraão de Moraes e Dr. Ricardo Jafet e aumenta em proporções próximo à foz do Córrego Ipiranga, onde se localiza a Av. Teresa Cristina. O estudo aponta também alguns pontos isolados, ao longo da Av. Miguel Stéfano e às margens do Córrego Cacreco (atualmente canalizado subterrâneo), tributário do Córrego Ipiranga, mas que se caracterizam como alagamentos, ou seja, como falhas no sistema de drenagem urbana e não como eventos de inundação.

No documento mencionado (2014) se propõe a implantação de dois reservatórios (piscinões), com volume total de 310 mil m³, e readequações hidráulicas do canal, cujas obras foram iniciadas em 2017 e, de acordo com o cronograma proposto, deveriam durar 24 meses. Entretanto, até outubro de 2020 as obras estavam em andamento, sem previsão de conclusão.

O estudo também aponta que uma das alternativas para minimizar os problemas decorrentes das inundações seria a criação de um parque linear junto ao curso d'água principal (medida não estrutural). Entretanto, com as várzeas ocupadas pelas Avenidas Dr. Ricardo Jafet, Prof. Abraão de Moraes e Teresa Cristina, essa alternativa tornou-se completamente inviável, optando-se, portanto, pelas obras de contenção (medidas estruturais).

Figura 1.4.2-9: Localização das fotos de notícias de eventos de inundação em mídia eletrônica na Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga - São Paulo/SP

Foto 1- Vista aérea da Av. Teresa Cristina, no Bairro do Ipiranga, próximo ao Museu do Ipiranga, onde a foz do Córrego Ipiranga sofre ações de remanso do fluxo elevado do Rio Tamanduateí, do qual é afluente, 2011.

Fonte da imagem: <http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2011/02/corrego-tem-potencial-de-transbordar-e-mais-uma-regiao-entra-em-alerta-em-sp.html>, Acesso em 07/01/2016.

Foto 2 - Av. Dr. Ricardo Jafet com Rua Pampulha, próximo Parque Independência, 2000. (Visada para Sul da Bacia)

Fonte da imagem: https://noticias.uol.com.br/album/110329jafetenchentes_album/jhtm, Acesso em 07/01/2016.

Foto 3 -Av. Dr. Ricardo Jafet com Rua Itapari, próximo Parque Independência, 2009. (Visada para Norte da Bacia)

Fonte da imagem: https://noticias.uol.com.br/album/110329jafetenchentes_album/jhtm, Acesso em 07/01/2016.

Foto 4 - Av. Dr. Ricardo Jafet, próximo Metrô Imigrantes, 2011. (Visada para Sul da Bacia)

Fonte da imagem: https://noticias.uol.com.br/album/110329jafetenchentes_album/jhtm, Acesso em 07/01/2016.

Foto 5 - Av. Dr. Ricardo Jafet com Rua Eng. Guilherme Winter, próximo Metrô Imigrantes, 2011.

Fonte da imagem: https://noticias.uol.com.br/album/110329jafetenchentes_album/jhtm, Acesso em 07/01/2016.

Foto 6 - Vista aérea da Av. Prof. Abraão de Moraes, próximo à Rua Frei Rolim e ao Shopping Plaza Sul, 2010.

Fonte da imagem: <http://g1.globo.com/Noticias/SaoPaulo/0-MUL-14770435605-00-IPRANGA-TAMBEM-ENTRA-EM-ALERTA-E-SP-JA-TEM-MAIS-DE-10-KM-DE-CONGESTO-NAMENTO.html>, Acesso em 07/01/2016.

Figura 1.4.2-10: Delimitação das áreas com registros de inundações na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, segundo dados da PMSP (2014).

Fonte dos dados: http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/infraestrutura/arquivos/AUDIENCIAS/CORREGO%20IPIRANGA%202014/apresentacao_corrego_ipiranga_parte_2.pdf, acesso em: 18/06/2015. Adaptado de

A partir dessa análise preliminar, foram avaliadas metodologias para aplicação na área de estudo, a fim de explicar os fatores que contribuem para a ocorrência das inundações em determinados locais da bacia do Córrego Ipiranga.

PARTE II – CONCEITOS, REFERÊNCIAS E PROCEDIMENTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS

As inundações ocorrem em função de fatores físicos e antrópicos, que podem influenciar em sua frequência, magnitude e na velocidade da subida do nível da água na calha do rio. É importante que esses fatores sejam analisados integradamente e em escala multitemporal para possibilitar a identificação daqueles que são os principais indutores dos eventos de inundação. Uma vez identificados, esses fatores devem ser alvo de intervenções para minimizar os impactos sociais e ambientais, bem como nortear a proposição de mecanismos de gestão de riscos.

Os capítulos a seguir tratam da conceituação da inundação e dos fenômenos correlatos e da definição dos fatores físicos e antrópicos, bem como das consequências que ocorrem em função das suas alterações.

Nesse contexto destaca-se a utilização da análise integrada sob perspectiva multitemporal para identificar como os fatores se relacionam e interferem nos demais e de que forma as mudanças ocorridas ao longo do tempo causaram modificações na dinâmica da paisagem.

A partir da análise dos fatores físicos e antrópicos que interagem na paisagem, a análise hierárquica multicritério foi selecionada como forma de quantificar a importância de cada um desses fatores nos eventos de inundação.

Por fim, avalia-se o panorama atual da gestão de riscos no âmbito federal, estadual e municipal e de que forma os problemas sociais decorrentes das inundações podem ser minimizados.

A partir desses referenciais foi estruturada a metodologia para o desenvolvimento da pesquisa.

2.1 AS INUNDAÇÕES E O MEIO URBANO: INTERAÇÃO ENTRE FATORES FÍSICOS E ANTRÓPICOS

De acordo com Morisawa (1985), os rios e suas bacias hidrográficas são sistemas abertos, com entrada e saída de energia. Cada bacia constitui um sistema complexo, composto por diversas variáveis que são constantemente modificadas e que interagem entre si (Figura 2.1-1). O clima, a geologia e geomorfologia, a vegetação, o uso da terra e as características do solo são fatores que determinam a descarga de fluxo e o carreamento de sedimentos. Todas essas variáveis interagem em um complicado mecanismo que vão determinar a configuração morfológica de um rio, os processos e as taxas de operação de cada bacia hidrográfica.

Figura 2.1-1: Variáveis que afetam a dinâmica e a morfologia do sistema fluvial

Fonte: Adaptado de Morisawa (1985).

Como as bacias hidrográficas são sistemas, cada variável que recebe alguma mudança ou interferência gera também uma alteração na dinâmica e na morfologia do rio. Entretanto, após cada alteração nas variáveis, o sistema sempre busca um novo padrão de equilíbrio.

O fenômeno da inundação está relacionado com alterações nos valores de entrada no sistema da bacia hidrográfica a partir da variável chuva.

No presente estudo adota-se que:

Inundação representa o transbordamento das águas de um curso d'água, atingindo a planície de inundação ou área de várzea (CARVALHO; MACEDO; OGURA, 2007; AMARAL; RIBEIRO, 2009).

Quanto aos demais fenômenos correlatos à inundação, conforme definido por Amaral e Ribeiro (2009) e FEMA (2007), considera-se que:

- a) As enchentes ou cheias são definidas pela elevação do nível d'água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal, porém, sem extravasar;
- b) O alagamento é um acúmulo momentâneo de águas em determinados locais por deficiência no sistema de drenagem;
- c) A enxurrada é o escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos fluviais;
- d) As inundações relâmpago ou bruscas (*flash floods*) são inundações que podem se desenvolver rapidamente, às vezes em apenas alguns minutos ou sem sinais visíveis de chuva.

A inundação ocorre principalmente nos períodos de verão, devido às características da rede de drenagem, as formas do relevo, a intensidade, quantidade, distribuição e frequência das chuvas, as características do solo e teor de umidade, bem como a presença ou ausência de cobertura vegetal (AMARAL; RIBEIRO, 2009).

A efetividade de um evento de inundação, em termos de desempenho na esculturação das formas na paisagem, é mensurável tanto pela sua

magnitude como pela frequência em que se repete (WOLMAN; MILLER, 1960; SCHUMM, 1973; DURY, 1973; RICHARDS, 1982). As planícies fluviais também são incluídas na dinâmica e morfologia do rio, uma vez que são retrabalhadas, escavadas ou sedimentadas pelas cheias periódicas (SCHUMM, 1972).

Os parâmetros morfométricos dos canais e das bacias de drenagem estão fortemente correlacionados às suas características hidrológicas e, portanto, à suscetibilidade de desenvolver inundações (ZĂVOIANU, 1985; SOUZA, 2005; STEFANIDIS; STATHIS, 2015). Alguns parâmetros importantes para avaliação são: ordem hierárquica da bacia; número e frequência de canais totais e de primeira ordem; área, perímetro e forma da bacia, comprimento da drenagem, densidade de drenagem, declividade do canal principal e da bacia, hipsometria e perfis longitudinais. Todos esses parâmetros são controlados por inúmeras variáveis, como relevo, cobertura vegetal, volume de chuva, litologia, entre outros.

Os rios que têm suas cabeceiras em áreas com declividade acentuada produzem escoamento em altas velocidades. Assim, a variação do nível d'água pode ser de vários metros em poucas horas. A planície de inundação de um rio cresce significativamente nos seus cursos médio e baixo, onde a declividade se reduz e aumenta a incidência de áreas planas. Nas áreas florestadas o fluxo de água é retido pela vegetação, infiltra-se no subsolo e, o que resta, escoar sobre a superfície de forma gradual, com variação lenta de vazão e picos de cheias moderados (TUCCI, 1995, 2003).

Embora as planícies sejam áreas destinadas a comportar o volume das inundações, em geral são áreas planas e de grande extensão, o que as tornam também as áreas mais propícias à ocupação humana. Nos centros urbanos, essa ocupação ocorre de forma adensada e muitas vezes desordenada.

Além da fragilidade natural intrínseca das planícies aos processos de inundação, mudanças no comportamento da frequência-magnitude de determinado processo podem indicar alterações ambientais significativas na suscetibilidade do terreno, incluindo a influência da atividade humana. Dessa forma, a combinação entre os fatores naturais e antrópicos pode gerar um

aumento de magnitude e frequência das inundações (PEREIRA; VENTURA, 2004; KOBIYAMA et al., 2006, TUCCI, 2008; AMARAL; RIBEIRO, 2009).

Mas a urbanização nas grandes cidades altera não só a paisagem como também toda a dinâmica hidrológica da bacia. Em termos gerais, com a urbanização verifica-se a elevação das vazões máximas devido ao aumento da capacidade e velocidade de escoamento através de condutos e pela impermeabilização das superfícies.

Entretanto, para compreender o comportamento hidrológico nas áreas urbanas é necessário identificar todos os componentes do escoamento, naturais e antrópicos, e a interação entre eles, o que constitui a principal dificuldade nos estudos.

O impacto antrópico não está somente relacionado ao grau de urbanização, mas também aos tipos de intervenções realizadas no ambiente. Alguns fatores se destacam: a) densidade populacional em relação ao tamanho da bacia; b) avaliação da qualidade da água: alto grau de poluição é uma evidência do impacto antrópico; c) demanda de água e principais fontes de abastecimento, que podem comprometer os recursos hídricos subterrâneos; d) modificações nos cursos d'água, como as retificações, canalizações e represamentos; e) existência de instalações de tratamento de águas residuais ou ausência de condução adequada de águas servidas (SALVADORE; BRONDERS; BATELAAN, 2015). O impacto da urbanização também pode ser avaliado sobre a quantidade de água, quantidade de sedimentos e qualidade da água (TUCCI, 1995).

A Tabela 2.1-1 apresenta a evolução dos estágios de urbanização e as alterações comuns no uso da terra na bacia e no canal dos cursos d'água, de forma a compreender seus efeitos no comportamento hidrológico.

Tabela 2.1-1: Estágios da urbanização e seus possíveis efeitos no comportamento hidrológico (continua)

Estágio de urbanização	Mudanças no uso da terra e da água	Possíveis efeitos hidrológicos
<p>Pré-ocupação urbana</p> <p>SOLO COM COBERT. VEGETAL NATURAL</p>	--	--
<p>Transição entre a pré-ocupação para estágio inicial de urbanização</p> <p>10 a 20% DE SUPERFÍCIE IMPERMEÁVEL</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Remoção de algumas árvores ou vegetação. ✓ Construção de casas de forma esparsa e acesso limitado às redes de água e esgoto. ✓ Perfuração de poços. ✓ Construção de fossas sépticas e valas sanitárias. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Diminuição da evapotranspiração e aumento do escoamento superficial. ✓ Rebaixamento do nível d'água. ✓ Diminuição da umidade do solo. ✓ Algumas inundações pontuais. ✓ Contaminação de poços de água ou rios pelas fossas sépticas e valas sanitárias.
<p>Transição entre o estágio inicial para estágio médio de urbanização</p> <p>35 a 50% DE SUPERFÍCIE IMPERMEÁVEL</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Movimentação de terra e remoção da camada superficial do solo para a instalação de construções civis e ruas pavimentadas. ✓ Construção de pequenos reservatórios de água para captação e abastecimento público. ✓ Disposição de esgoto em cursos d'água. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Erosão do solo e assoreamento dos corpos d'água. ✓ Aumento do fluxo nas inundações. ✓ Desaparecimento de pequenos cursos d'água. ✓ Diminuição da evapotranspiração e da infiltração, aumento do escoamento superficial. ✓ Rebaixamento do nível da água subterrânea. ✓ Poluição das águas por disposição de esgoto.

Tabela 2.1-1: Estágios da urbanização e seus possíveis efeitos no comportamento hidrológico (conclusão)

Estágio de urbanização	Mudanças no uso da terra e da água	Possíveis efeitos hidrológicos
<p>Transição entre o estágio médio para a urbanização consolidada</p> <p>30% Evapotranspiração 55% Escoamento Superficial 10% Infiltração Superficial 5% Infiltração Profunda 70 a 100% DE SUPERFÍCIE IMPERMEÁVEL</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Consolidação de área urbana, com construções adensadas de residências, comércio, indústrias e ruas pavimentadas. ✓ Aumento da geração de esgoto e da demanda de água para abastecimento público (poços artesianos e reservatórios). ✓ Retificação e canalização de rios para construção nas margens. ✓ Instalação de tubulações de esgoto e coleta de água pluvial direcionadas para os rios. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Assoreamento de corpos d'água. ✓ Diminuição da infiltração e rebaixamento do nível d'água. ✓ Aumento de fluxo e velocidade do escoamento superficial, associados à enxurradas. ✓ Poluição dos cursos d'água e redução de biodiversidade. ✓ Inundações provocadas por alterações na forma e dinâmica dos rios.

Fonte: Adaptado de Morisawa (1985) e de Teixeira (2005).

Observa-se que à medida que há uma evolução no estágio da urbanização ocorrem alterações nas taxas de escoamento superficial, evapotranspiração, infiltração superficial e profunda, implicando consequências hidrológicas e ambientais.

A impermeabilização do solo é um indicador de grande importância na análise hidrológica de áreas urbanas, pois gera mudanças na magnitude e na velocidade do processo de escoamento superficial (SALVADORE; BRONDERS; BATELAAN, 2015; TUCCI, 2000). Quanto maior a densidade populacional e a urbanização, maiores são as taxas de impermeabilização apresentadas. Em alguns casos, a taxa de infiltração é praticamente nula (DUNNE; LEOPOLD, 1978). Desta forma, o escoamento concentrado e em alta

velocidade nas vertentes chega às planícies rapidamente. Como a maioria das planícies fluviais em áreas urbanas também está ocupada e impermeabilizada, as inundações atingem os habitantes dessas áreas.

Alguns estudos demonstraram as diferenças no escoamento superficial constatadas em áreas urbanas com várias densidades de ocupação e de impermeabilização, caracterizadas pelo uso da terra, conforme exemplo na Tabela 2.1-2.

Tabela 2.1-2: Valores de coeficiente de escoamento superficial em áreas urbanas de acordo com o uso da terra, proposto por Ponce (1989).

Valores médios de coeficiente de escoamento	Uso da terra	
0,25 – 0,40	Residenciais	Residências em áreas periféricas
0,30 – 0,50		Unifamiliares
0,40 – 0,60		Edifícios com área verde contígua
0,60 – 0,75		Edificações com ocupação densa
0,70 – 0,95	Comerciais	Áreas densamente ocupadas
0,60 – 0,90	Industriais	Densas
0,50 – 0,80		Pouco densas
0,70 – 0,95	Vias	Em asfalto ou concreto
0,60 – 0,90		Com pavimento tipo paralelepípedo
0,10 – 0,25	Áreas verdes	Parques e cemitérios (em gramado)
0,10 – 0,30	Solo exposto	Áreas desocupadas, loteamentos

Fonte: Ponce (1989)

A partir dos dados levantados por Ponce (1989), constata-se que as áreas com ocupações adensadas, como as de usos comerciais, industriais e em vias pavimentadas podem causar coeficientes de até 0,95 de escoamento, o que significa apenas 0,05 de coeficiente de infiltração em superfície. Em observação aos baixos coeficientes de escoamento estimados para áreas

verdes, verifica-se que com o acréscimo da impermeabilização, o volume de água que infiltraria no solo ou que seria retido pela vegetação passa a escoar na superfície com maior fluxo e velocidade (TUCCI, 1995, 2008). Quanto maior a densidade populacional, maiores são as taxas de impermeabilização.

Outras metodologias avaliam o contraposto do coeficiente de escoamento, denominado como coeficiente de permeabilidade, como o índice BAF (*Biotope Area Factor* - Fator Biótopo de Área). O princípio é identificar e quantificar os tipos de superfície com seus respectivos coeficientes de permeabilidade, de forma que se obtenha um índice que demonstre os efeitos do isolamento da superfície com o subsolo no ciclo hidrológico. Permite também avaliar potenciais áreas verdes que podem ser implantadas para melhorar a qualidade de vida e conforto térmico no ambiente estudado, garantindo a função ecológica das áreas e contribuindo com a diminuição do escoamento superficial (BLANES, 2011; BETTINE et al., 2012).

De acordo com Blanes (2011) esse indicador de sustentabilidade (BAF) é utilizado no planejamento e desenvolvimento urbano na Alemanha, e quantifica as áreas com potencial ecológico em relação à área total estudada, expressando um índice que varia entre 0 e 1, onde 0 é um espaço com nenhuma função ecológica (superfície impermeável, por exemplo, um estacionamento asfaltado) e 1 é uma área com 100% de função ecológica (por exemplo, uma área com vegetação natural preservada), conforme Tabela 2.1-3.

Conforme análise da metodologia BAF, ainda que parte dos coeficientes de permeabilidade não esteja diretamente ligado à função de recarga das águas subterrâneas, esses cumpririam a função de retenção da água pluvial em superfície e na vegetação, contribuindo para diminuição do fluxo e da velocidade do escoamento superficial. Nesse aspecto, considera-se que com o incremento de coeficientes de permeabilidade, haveria uma contribuição para a minimização da magnitude das inundações urbanas.

Tabela 2.1-3: Valores de coeficientes de permeabilidade, proposto no método BAF e adaptado por Blanes (2011) e Bettine et al. (2012).

Fator de ponderação de permeabilidade por m ² de superfície por tipo de cobertura		Tipos de superfície
0,00	Superfícies impermeáveis	Superfície impermeável a ar e água (asfalto, concreto, lajes com sub-base sólida)
0,30	Superfícies parcialmente impermeáveis	Superfície permeável a ar e água, mas não ao crescimento de plantas (tijolos, tijolos de pavimentação em mosaico, lajes com sub-base de areia ou cascalho)
0,50	Superfícies semi-abertas	Superfície permeável a ar e água, com infiltração e crescimento de plantas (cascalho, cobertura de grama, blocos de madeira, tijolo favo de mel com grama)
0,50	Superfícies com vegetação, sem relação com a terra abaixo	Superfície com vegetação no topo de garagens subterrâneas, com menos de 80 cm de cobertura de solo, composta por pequenos arbustos.
0,70	Superfícies com vegetação, sem relação com a terra abaixo, com maior profundidade de solo	Superfície com vegetação sem ligação com o solo abaixo, com mais de 80 cm de cobertura de solo, composta por pequenos arbustos e árvores de pequeno porte.
1,00	Superfícies com vegetação ligadas com o solo abaixo	Vegetação ligada ao solo abaixo, disponível para o desenvolvimento de flora e fauna, composta por árvores de porte médio.
0,20	Infiltração de águas pluviais (por m ² de área de telhado)	Infiltração de águas pluviais para recarga de águas subterrâneas; infiltração sobre as superfícies com vegetação existente.
0,50	Muros cobertos por vegetação até 10 m de altura	Vegetação que recobre paredes e muros exteriores, sem janelas (altura ideal até 10 m).
0,70	Vegetação no telhado	Extensiva e intensiva – telhados com vegetação.

Fonte: Adaptado de Bettine et al. (2012)

Outros fatores que também podem contribuir para a ocorrência de inundações são as alterações nos cursos d'água, como as retificações e canalizações, bem como obstruções que decorrem de obras mal dimensionadas, como, por exemplo, pilares de pontes que causam estreitamento do canal.

Segundo Tucci (2003) muitos projetos de drenagem urbana têm sido desenvolvidos com base no princípio equivocado de que a melhor drenagem é aquela que retira a água excedente o mais rápido possível do seu local de origem. Entretanto, os impactos são transferidos de um ponto crítico para outro da bacia através dos condutos e canalizações, conforme Figura 2.1-2, que demonstra três estágios de urbanização de uma bacia, bem como os efeitos das canalizações que são executadas nos pontos críticos.

Figura 2.1-2: Obras de drenagem e urbanização: alterações nos processos de inundação

Fonte: Tucci (2003).

Nesses processos de intervenções há uma influência recíproca: se por um lado, a urbanização é considerada a principal causa de poluição e esgotamento dos recursos hídricos, por outro lado, a ameaça das inundações

nas áreas ocupadas afeta a segurança humana e a integridade das infraestruturas (SALVADORE; BRONDERS; BATELAAN, 2015).

Schroeder et al. (2016) propuseram uma classificação para a magnitude das inundações em áreas urbanas, de acordo com o tipo de impacto causado, conforme apresentado na Tabela 2.1-4.

Tabela 2.1-4: Categorias de severidade das inundações, proposto por Schroeder et al. (2016).

Categorias	Impactos verificados
1 – Baixa	Inundações atingem áreas de agricultura ou lazer.
2 – Moderada	Inundações interrompem fluxo em ruas e rodovias.
3 – Séria	Veículos, casa e construções em geral são atingidos pelas águas. Pode haver danos em ruas e pontes.
4 – Severa	Veículos arrastados pelas águas.
5 – Catastrófica	Construções e infraestruturas submersas. Casas destruídas pela força das águas.

Fonte: Schroeder et al. (2016)

Nessa proposta, as magnitudes são categorizadas segundo a quantidade de impactos à mobilidade da sociedade do entorno, bem como pelos danos ocasionados, não os relacionando a pessoas afetadas (mortes, desabrigados e desalojados).

Além das alterações hidrológicas e das questões sociais impactadas pelas inundações, há também outros impactos causados pela urbanização, que são apresentados na Figura 2.1-3, conhecida como Síndrome do rio urbano.

Figura 2.1-3: A Síndrome do rio urbano ilustra alguns dos principais mecanismos de degradação causados pela urbanização.

Fonte: Fletcher, Andrieu e Hamel (2013).

A partir da constatação da interação entre os diversos fatores físicos e antrópicos e de sua dinâmica, busca-se na Análise Integrada da Paisagem a identificação do papel de cada um dos fatores nos eventos de inundação.

2.2 ANÁLISE INTEGRADA SOB PERSPECTIVA MULTITEMPORAL

A análise integrada da paisagem proposta nesse trabalho tem fundamento nas concepções de Geossistemas, desenvolvidas por Bertrand (1971), Sotchava (1978) e Monteiro (2000), nos estudos de Ecossistema e Ecodinâmica, de Tricart (1977), e de Fragilidade Ambiental, desenvolvida por Ross (1994).

A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, numa determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução. (BERTRAND, 1971, p. 2).

Nessas concepções o ambiente é analisado segundo a Teoria dos Sistemas, que parte do pressuposto de que na natureza os fluxos de energia e matéria se processam por meio de relações em equilíbrio dinâmico, ou seja, a evolução natural das componentes do ambiente se dá em harmonia.

A Teoria Geral dos Sistemas tem como objetivo mudar a visão de análise a partir de compartimentações em fatores isolados da realidade. A proposta é avaliar as componentes do todo, de forma integrada, para perceber como elas se relacionam e como interferem nas outras (BERTALANFFY, 1968).

As análises sistêmicas consideram que os fatores do meio físico e os do meio antrópico agem de forma conjunta e integrada, e que, no decorrer de um período são responsáveis pela configuração e reconfigurações da paisagem.

De acordo com Ross (1994), as alterações feitas pelo homem nas componentes da natureza afetam a funcionalidade do sistema e induzem aos processos degenerativos. Essas transformações ocorridas ao longo do tempo têm caráter definitivo, ou seja, a natureza jamais se recuperará a ponto de voltar à estabilidade de seu estado primário.

Os sistemas fluviais, ainda que considerados em equilíbrio estável, apresentam mudanças contínuas e graduais, como supressão de meandros ou processos de erosão e agradação de margens. Entretanto, podem ocorrer outras alterações ao longo do tempo, provocadas por fatores intrínsecos ou extrínsecos. Quando essas alterações ocorrem de maneira brusca e rápida, levam o sistema a superar um determinado limiar e entrar em um novo modelo de equilíbrio, onde se inicia um novo ciclo, sujeito novamente a outras alterações (SCHUMM, 1979; KELLER, 1976; RICHARDS, 1982).

Desta forma, conforme preconizado por Cooke e Doornkamp (1990), os dados devem ser avaliados sob uma perspectiva de longo prazo. A análise multitemporal parte de um estado inicial, ou seja, da informação mais antiga sobre uma determinada área, e, ao longo do período avaliado, busca identificar quais as alterações ocorridas nos fatores dos meios físico e antrópico que causaram modificações na dinâmica da paisagem. Nas áreas urbanas, os fatores físicos devem ser correlacionados com a evolução do uso da terra.

Nesse tipo de abordagem é possível avaliar os processos e limiares geomorfológicos e a identificação da mais importante força de trabalho operante no sistema, que será a variável-chave para descrever outros desencadeamentos no sistema e permitir melhor enfoque no gerenciamento de riscos. No caso dos eventos de inundação, essa variável-chave é a precipitação (e as características de cada evento chuvoso).

A precipitação é o principal fator que controla o ciclo hidrológico de uma região. A frequência das chuvas de diferentes intensidades e durações é um dado indispensável ao planejamento territorial (ZĂVOIANU, 1985; DUNNE; LEOPOLD, 1978).

Os rios e suas planícies de inundação são sistemas de resposta em um processo cujo estado é a soma resultante do ajuste geológico e dos impulsos hidrológicos. Alterações no gradiente, no fluxo ou sedimentação resultam em ajustes para uma nova condição geomórfica. Parte dessas alterações é de origem antrópica (EDWARDS et al., 2016; ABATE et al., 2015). O conhecimento sobre essas mudanças morfológicas passadas é fundamental para entender a morfologia e os processos atuais a partir de um quadro de

evolução temporal. Cada rio tem características específicas determinadas por sua evolução histórica, pressões humanas ou por sequências de eventos (RINALDI et al., 2015).

Pode-se considerar como a magnitude das inundações a medida do volume da massa d'água alcançado nos eventos, ou seja, a elevação máxima da cota de atingimento das inundações; como frequência, a recorrência desses eventos de inundações; e como limiar, o índice pluviométrico a partir do qual ocorrem as inundações na bacia hidrográfica (WOLMAN; MILLER, 1960; DUNNE; LEOPOLD, 1978; SCHUMM, 1979). Quanto maior a série de dados obtida, maior a relevância na análise.

Kjeldsen et al. (2014) e Cœur e Lang (2008) afirmam que os dados históricos de diversas fontes são importantes nos estudos, como forma de reduzir as incertezas em relação aos planejamentos futuros na estimativa de novas ocorrências de eventos de inundações de grande magnitude. Além dos dados históricos, que devem ser somados na análise dos dados sistemáticos, os autores sugerem o comparativo com dados regionais ou entre bacias próximas com características semelhantes.

As inundações relevantes, que causam danos ou transtornos, são normalmente registradas pela mídia. A consulta aos meios de comunicação impressos e eletrônicos se constitui como fonte de dados, tanto de âmbito local quanto regional, como citado por Dunne e Leopold (1978).

Diversos autores têm analisado eventos históricos de inundações recorrentes em bacias urbanas com o objetivo de entender o impacto das alterações na dinâmica do curso d'água ao longo dos anos e se esses fenômenos apresentaram maior magnitude e frequência após a intensificação da urbanização, conforme exemplos a seguir.

Sob esse aspecto, Faccini et al. (2015) propõe alguns parâmetros para avaliar os perigos geohidrológicos que atuam nas inundações. Os parâmetros considerados relevantes foram: a) o levantamento da quantidade de eventos de inundação registrados ao longo das últimas décadas; b) a avaliação dos dados

climáticos, como a chuva anual, média da temperatura do ar, quantidade de dias chuvosos e as chuvas de grande intensidade.

Faccini et al. (2016) avaliaram os recorrentes eventos de inundação nos últimos três séculos na bacia hidrográfica de Bisagno, na cidade de Gênova, Itália, que se intensificaram nos últimos anos. Os fatores do meio físico e antrópico selecionados para a análise foram: morfometria, cobertura vegetal, erosão linear, litologia, forma da bacia e presença de erosão laminar (*runoff*), evolução do uso da terra e pluviometria. O estudo mostrou que a bacia apresenta características físicas (climáticas e geomorfológicas), que são os principais condicionantes dos eventos de inundação. Entretanto, o aumento nos totais pluviométricos anuais e a presença de chuvas intensas de curta duração, e as alterações no uso da terra, como a impermeabilização do solo, as retificações e canalizações no curso d'água principal próximo à foz, têm causado aumento da frequência e magnitude de ocorrências de inundação nos eventos chuvosos de grande intensidade, causando, inclusive, inundações relâmpago.

Fryirs, Lisenby e Croke (2015) avaliaram as mudanças morfológicas ao longo de dois séculos no rio Lockyer Creek, em Queensland, na Austrália. Apesar de diversas inundações ocorrerem periodicamente, em janeiro de 2011 ocorreu a maior inundação já registrada na área, quando nível d'água no rio subiu 8 metros em 30 minutos, após uma chuva de 150 mm em 2 horas. Foram avaliadas fotografias aéreas do período de 1933 a 2011 e mapas históricos do período de 1865 a 1966 com o objetivo de registrar as alterações naturais e antrópicas no curso do rio ao longo do tempo. Os autores identificaram alterações dinâmicas nas margens e profundidades do talvegue classificadas como erosionais, deposicionais e reorganizacionais, e que notadamente as alterações deposicionais predominaram nos últimos anos. Observaram que a magnitude da inundação de 2011 ocorreu em função de uma tempestade típica de períodos de La Niña, em um verão excepcionalmente chuvoso, ou seja, com o solo já bastante saturado, e que esses fatores (quantidade de chuva e umidade do solo) foram determinantes na magnitude do fenômeno.

Alguns outros estudos avaliaram dados históricos com o objetivo de contribuir no planejamento territorial, muitas vezes considerando a convivência com o risco de inundação, ou para estratégias de mitigação de danos, construção de cenários e estudos prospectivos.

Boudou, Danière e Lang (2016) avaliaram duas cidades na França, recorrentemente afetadas por inundações, Besançon e Moissac. As maiores inundações foram registradas em 1910 e 1930, respectivamente. O estudo avaliou os fatores: intensidade das inundações (período máximo de retorno, tempo de permanência da água em superfície, danos a estruturas como pontes e diques); a severidade das inundações (danos sociais e econômicos); e a extensão espacial dos danos. Em Besançon, a partir do mapeamento da extensão máxima atingida pelas águas na planície, foi aplicada gestão de risco para diminuir a vulnerabilidade da população, com propostas de mudanças de uso e ocupação: áreas residenciais foram gradativamente substituídas por usos institucionais e administrativos. Em Moissac, o uso permaneceu residencial, mas limitado a habitações de um pavimento, com o intuito de diminuir a quantidade de pessoas residentes na área. Além disso, foi implantado sistema de alerta, com planejamento de evacuação em casos de emergência.

Cœur e Lang (2008) avaliaram a utilização de documentos históricos com o objetivo de melhorar as políticas de prevenção e mitigação do risco. Em seu levantamento constataram que existem informações históricas disponíveis na Europa referentes aos últimos 5 séculos, que eram coletadas antigamente com o propósito de servir à navegação. Além de revelar sobre a magnitude de eventos incomuns, observaram que essas informações podem esclarecer também sobre como as sociedades, na época, reagiram aos seus efeitos catastróficos, com a implementação de obras e infraestruturas de contenção das águas, e como essas intervenções foram evoluindo ao longo do tempo. Os autores propõem uma estrutura geral para coleta de dados históricos, que deve contemplar dados topográficos, pluviométricos e fluviométricos, as mudanças de uso da terra e de intervenções realizadas ao longo do curso d'água, como barragens, pontes, canalizações, entre outras. Por fim, afirmam a importância do desenvolvimento e implantação de bases regionais de dados de inundação, com gestão eficiente e contínua.

Boudou, Danière e Lang (2016) e Cœur e Lang (2008) afirmam que a disponibilização das informações históricas é de grande importância aos estudos de vulnerabilidade e risco, mas que as informações também podem ser utilizadas para desenvolver a conscientização e percepção do risco para as comunidades ameaçadas.

No Estado de São Paulo também foram desenvolvidos diversos trabalhos que demonstram a utilização de notícias de jornais como meio de levantamento de dados históricos, complementarmente aos dados oficiais. Podem ser citados como exemplos os trabalhos de Fernandes da Silva et al. (2014), Andrade et al. (2010) e Fernandes da Silva, Andrade e Danna (2011) na Região do Vale do Paraíba, que subsidiaram a caracterização e delimitação dos setores de perigo de inundação nos mapeamentos de risco dos municípios e os trabalhos de Gutjahr et al. (2010) e IG (2009) na Baixada Santista, que elaboraram bancos de dados de eventos de inundação dos municípios dessa região e disponibilizaram a informação para fins de planejamento territorial.

Outros estudos com metodologias similares a que se propõe nesse trabalho, utilizam mapas e documentos históricos para identificar as alterações morfológicas de áreas, desde seu estágio pré-perturbação antrópica até a atual fase de perturbação ativa, inseridas em regiões metropolitanas, para fins e diagnóstico e prognóstico em planejamento urbano e territorial, como proposto por Rodrigues (1997, 2005, 2010 e 2019).

Essa proposta foi aplicada por Moroz-Caccia Gouveia (2010) na Bacia do Rio Tamandateí, por Luz (2010) na Bacia do Rio Pinheiros, Berges (2013) na bacia do Córrego Moóca, Veneziani (2014) na bacia do Córrego Três Pontes e Simas (2017) na bacia do Rio Aricanduva, ambos em São Paulo/SP.

Essa metodologia, denominada antropogeomorfologia, tem como base a cartografia geomorfológica, também denominada geocartografia retrospectiva ou evolutiva (geomorfologia histórica), e utiliza-se do estudo sistemático das formas, materiais e processos da superfície, considerando a ação antrópica como uma ação geomorfológica, com base nos trabalhos de Douglas (1983), Nir (1983), Gregory (1992) e Crutzen (2002).

A metodologia da antropogeomorfologia e a análise integrada da paisagem apresentam diversas interfaces e similaridades, de modo que alguns conceitos foram utilizados nesse trabalho, porém com adaptações, como a perspectiva multitemporal.

Entretanto, conforme demonstrado pelos exemplos citados anteriormente, para cada caso avaliado há diferentes fatores que se tornam preponderantes, influenciando na magnitude e frequência das inundações.

Nesse estudo pretende-se aplicar a análise integrada multitemporal para os fatores do meio físico e antrópico utilizando-se dados disponíveis referentes ao último século.

Para averiguar quais são os fatores de maior importância em cada local a ser analisado, propõe-se aplicar a hierarquização multicritério.

2.3 ANÁLISE HIERÁRQUICA MULTICRITERIAL - AHP (*Analitic Hierarchy Process*)

O método AHP (*Analitic Hierarchy Process*) foi proposto por Saaty (1990) e é um modelo de abordagem qualitativa, com a ponderação de diversos fatores para auxiliar na tomada de decisões, a partir de critérios, subcritérios e alternativas em sucessivos níveis (multicritério). Os julgamentos são obtidos a partir da comparação entre pares. O método pode ser utilizado em diversas análises, sejam de fatores administrativos, econômicos, físicos, sociais, entre outros. No caso das análises de risco ou perigo de inundação, ainda que sob uma abordagem multitemporal, existe uma série de variáveis que podem ser utilizadas. Entretanto, para cada caso, algumas terão mais influência do que outras.

De modo geral, envolve as seguintes etapas: a) identificar o principal problema e subproblemas; b) estruturar possíveis fatores que levam ao problema de forma hierárquica; c) organizar os fatores para cada alternativa; d) desenvolver os critérios para as alternativas; e) avaliar a importância das alternativas; e f) analisar o peso de cada fator. A importância de cada fator de decisão é escalonada de 1 a 9. Após definidos os fatores relevantes para as comparações, um questionário pode ser elaborado e enviado para avaliação de especialistas na área para minimizar inconsistências (CHEN; YEH; YU, 2016).

Diversos estudos utilizaram o método AHP para análises de risco à inundação. Alguns, citados a seguir, foram consultados para embasar a utilização da metodologia nesse estudo.

Chen, Yeh e Yu (2016) aplicaram o método em uma avaliação de danos causados por inundações em Taiwan, para os diferentes tipos de uso urbano: nas áreas comerciais, residenciais e industriais, áreas com serviços essenciais à comunidade (como hospitais e escolas), estradas, áreas de cultivos e de recreação. Para hierarquizar os tipos de uso ao risco às inundações, foram consultados especialistas de órgãos governamentais, indústria e das universidades. Os maiores potenciais de danos foram

identificados em relação à interrupção do tráfego nas estradas, enquanto que os menores foram relacionados às áreas de recreação. Os autores avaliaram que a utilização do AHP foi vantajosa porque não requer a estimativa intensiva de valores de propriedades, o que por sua vez reduz os custos da análise.

Kazakis, Kougias e Patsialis (2015) apresentaram um índice multicritério para avaliação de áreas de perigo à inundação em escala regional em uma área no nordeste da Grécia, onde se tem registro de eventos recorrentes de inundação. Foram selecionados sete fatores, principalmente os relacionados ao meio físico: locais de acúmulo de fluxo de água; distância a partir da rede de drenagem; elevação do terreno; uso da terra; intensidade das chuvas; geologia; e declividade. A validação se deu a partir do comparativo com os dados históricos e concluiu que a metodologia forneceu resultados adequados.

Dang, Babel e Luong (2011) realizaram uma avaliação dos parâmetros de risco à inundação no Red River Delta, Vietnã. Foi abordada a discussão de como definir quais são os fatores mais relevantes a ser considerados no estudo e para esse objetivo utilizou-se da análise de especialistas, trabalho de campo e o método AHP para quantificar e hierarquizar os fatores que contribuíram para o risco. Destacam que inúmeros fatores podem ser utilizados como indicadores, e que, para cada um existem relacionamentos complexos e diferentes efeitos. A análise foi dividida em dois componentes: perigo (de inundação) e vulnerabilidade (da população). Para a análise do perigo foram selecionadas as variáveis: altura atingida pela elevação da massa d'água, duração e velocidade do fluxo de água das inundações. Para a análise de vulnerabilidade, foram considerados três subcomponentes: econômico (variáveis: danos às residências, uso público, infraestrutura pública e agricultura), social (variáveis: população, percepção, valores religiosos e renda) e ambiental (variáveis: poluição, erosão, espaços abertos). Foram aplicados questionários para a população e para a comunidade acadêmica (*experts*) para checar as consistências dos resultados obtidos.

Yang, Ding e Hou (2013) aplicaram a análise AHP Fuzzy, também desenvolvida por Saaty em 2004, que é uma ferramenta que busca lidar com a

imprecisão, incerteza ou dados ambíguos e alta não-linearidade e complexidade de sistemas de perigos. A análise Fuzzy (difusa) assemelha-se ao raciocínio humano no uso da informação e da incerteza na tomada de decisões. Eles desenvolveram o método para calcular o risco de inundações na região ao longo do Rio Yangtze, China, considerando o perigo e a vulnerabilidade. Os fatores de risco foram divididos em 4 subgrupos: a) fatores de perigo (tempestades, rompimento de barragens, tsunamis, tufões); b) fatores ambientais (cobertura vegetal, densidade de drenagem, elevação do terreno, proporção de terrenos inundáveis); c) fatores socioeconômicos (densidade populacional, propriedades residenciais, produção industrial, atividade agropecuária); d) capacidade de resiliência da sociedade (controle de cheias, mecanismos de alerta, agências de atuação em desastres). Os autores avaliaram que a metodologia proposta foi capaz de representar adequadamente o cenário real.

Stefanidis e Stathis (2013) também aplicaram a metodologia AHP para avaliar o perigo de inundação na península Kassandra, no nordeste da Grécia. Os fatores analisados foram divididos em naturais (uso da terra, erodibilidade, declividade da bacia, declividade do curso d'água, permeabilidade das rochas, forma da bacia e densidade da rede hidrográfica) e antrópicos (retificações, obras mal dimensionadas e estreitamento do leito por pilares de pontes). Na maior parte das bacias o grau de perigo encontrado foi médio para os fatores naturais e muito alto para os fatores antropogênicos. Os resultados foram correlacionados com dados históricos para validação do mapa.

Por outro lado, apesar das vantagens e contribuições do método, alguns estudos apontam desvantagens em utilizá-lo.

Yang, Ding e Hou (2013) ressaltaram que o método AHP é criticado por ter uma escala desequilibrada de julgamento e falhas para lidar com a incerteza e a imprecisão na realização das comparações entre os pares.

Tehrany, Lee e Pradhan (2014) avaliaram que as abordagens qualitativas, como no método AHP, em que o processo e resultado necessitam de um conhecimento especializado e que são apropriadas para estudos regionais. Outro problema apontado no método é a incerteza na tomada de

decisões, que pode ocorrer na seleção, comparação e, principalmente, na hierarquização dos multicritérios.

Nesse estudo, optou-se por utilizar o AHP após a análise integrada em escala multitemporal. O AHP visa hierarquizar, para o caso específico, quais deles foram mais relevantes para o fenômeno da inundação.

2.4 GESTÃO PARA A REDUÇÃO DE RISCOS RELACIONADOS A INUNDAÇÕES

Para aplicar a gestão de riscos de inundações, é necessário entender quando as inundações se tornam desastres naturais.

As inundações são consideradas desastres naturais quando causam uma perturbação no funcionamento habitual de uma comunidade ou sociedade em qualquer escala, e criam condições de exposição e vulnerabilidade, com perdas e impactos humanos, materiais, econômicos e ambientais (UNISDR, 2017).

Quando as inundações ocorrem em áreas urbanizadas, são atingidas vias de tráfego, áreas comerciais e residenciais, que acumulam prejuízos recorrentes.

A inundação urbana coloca um sério desafio para o desenvolvimento e as vidas das pessoas, particularmente os habitantes de cidades em rápida expansão em países em desenvolvimento (JHA; BLOCH; LAMOND, 2012, p.15).

Muitas vezes as consequências dos desastres estão acima da capacidade da comunidade em se recuperar a partir de seus próprios recursos, e exige assistência externa, como apoio de outras instâncias governamentais (UNISDR, 2017).

De acordo com BRASIL (2012), Lei Federal nº 12.608/2012⁴, que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), é dever da União, Estados e Municípios adotarem as medidas necessárias à redução dos riscos de desastres. Essa Política contempla uma abordagem sistêmica de ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação a desastres voltada à proteção e defesa civil. A Lei recomenda que quando o

⁴ Esta lei altera as Leis Federais nº 12.340/2010, Lei nº 10.257/ 2001, Lei nº 6.766/1979, Lei nº 8.239/1991 e Lei nº 9.394/1996.

risco estiver relacionado à inundação, as pesquisas devem adotar a bacia hidrográfica como unidade de análise.

Todas essas diretrizes e novas perspectivas de atuação podem ser consideradas como um reflexo da tendência, inclusive internacional, de se pensar o risco e o desastre como um processo de construção social. Ou seja, de perceber que a configuração de áreas de risco é um aspecto a ser abordado a partir da visão de planejamento do território, com influências históricas, políticas, sociais e ambientais (...) Significa dizer que para trabalhar aspectos de prevenção e mitigação, por exemplo, é preciso articular esforços no sentido de reverter as situações que levam à formação de áreas de risco, tendo o Plano Diretor como um dos principais instrumentos para tanto (BRASIL, 2017, p. 21).

Nas esferas nacional, estadual e municipal, a Defesa Civil é o órgão responsável por desempenhar ações preventivas, de socorro, assistenciais e recuperativas para evitar os desastres e minimizar seus impactos à população. Entretanto, diversos outros órgãos atuam em apoio às Defesas Civas.

No âmbito nacional pode-se citar a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), também denominada Serviço Geológico do Brasil, responsável pela elaboração das cartas geotécnicas e mapeamento de risco, o Centro Nacional de Monitoramento de Desastres Naturais (CEMADEN), responsável pelo monitoramento das áreas de risco e integração das informações, o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), que tem como objetivo fornecer as informações meteorológicas, o Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE), que é responsável por modelos de previsão de tempo e estudo das mudanças climáticas, e, finalmente, a Agência Nacional de Águas (ANA), responsável pelo monitoramento hidrológico.

No âmbito do Estado de São Paulo, a Lei nº 13.798/2009 – Política Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC) (SÃO PAULO – ESTADO, 2009) estabelece princípios, diretrizes e instrumentos a ser adotados pelos órgãos governamentais para garantir o desenvolvimento sustentável e o disciplinamento do uso do solo por meio do Zoneamento Econômico Ecológico (ZEE) e a resposta a eventos climáticos extremos que possam causar

calamidade pública, identificando e mapeando as vulnerabilidades existentes nos municípios, como base para políticas de adaptação aos impactos das mudanças climáticas.

O Decreto Estadual nº 64.673/2019, que reorganiza o Decreto Estadual nº 57.512/2011 – Programa Estadual de Prevenção de Desastres Naturais e Redução de Riscos Geológicos (PDN) (SÃO PAULO – ESTADO, 2011 e 2019) também busca articular estratégias e ações executivas das diversas instâncias e instituições estaduais com atribuições ou com capacitação para atuar nas várias etapas e atividades necessárias à prevenção de desastres naturais.

Nessa atuação podem-se citar o Instituto Geológico (IG) e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), responsáveis pelos mapeamentos de risco em nível municipal e na operação dos planos preventivos, e o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), responsável pelo levantamento de dados pluviométricos, fluviométricos e plano de contingência a inundações.

Universidades de vários estados também atuam nesse tema em apoio aos demais órgãos, por meio do Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPED). Em São Paulo o CEPED é sediado na Universidade de São Paulo (USP) e desenvolve trabalhos com equipe multidisciplinar. Destacam-se ainda os trabalhos desenvolvidos na Universidade Federal do ABC (UFABC).

Alguns instrumentos são utilizados na prevenção e mitigação de riscos. Brollo e Ferreira (2016) citam que atualmente no Estado de São Paulo existem 6 instrumentos de gestão de riscos geodinâmicos que vêm sendo sistematicamente aplicados e monitorados e definem a particularidade de cada um:

a) Mapeamentos de áreas de risco a escorregamentos, inundações e erosão. Esse tipo de estudo teve início em 2003 com o objetivo de minimizar e prevenir acidentes e desastres. Os mapeamentos oferecem recomendações ao poder municipal e estadual para reduzir danos sociais e econômicos.

Esta ação possibilita a implantação de medidas estruturais (como obras) e não estruturais (como capacitação,

monitoramento e planos preventivos de defesa civil) (...) (BROLLO e FERREIRA, 2016, p. 19).

b) Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR). Esses planos são elaborados desde 2004 pelas prefeituras segundo os princípios do Ministério das Cidades. O Ministério das Cidades também apoia financeiramente as prefeituras na elaboração dos planos e projetos.

O trabalho do PMRR envolve: I) o treinamento dos agentes municipais para elaboração de diagnóstico, prevenção e gerenciamento de risco, incluindo o mapeamento das áreas de risco nas áreas de ocupação irregular do município; II) o apoio financeiro ao município para elaboração do plano de redução de risco. Este instrumento de planejamento contempla o diagnóstico de risco, as medidas de segurança necessárias, a estimativa de recursos necessários, o estabelecimento de prioridades e compatibilização com os programas de urbanização de favelas e regularização fundiária; e III) apoio financeiro para elaboração de projetos de contenção de encostas em áreas de risco consideradas prioritárias nos Planos Municipais de Redução de Riscos. (BROLLO e FERREIRA, 2016, p.21)

Nessa etapa é realizada a análise, caracterização e dimensionamento das áreas de risco de inundação, deslizamento e solapamento de margens de drenagens, classificadas segundo tipo e grau de risco, bem como a análise, quantificação e caracterização das famílias moradoras dessas áreas, segundo perfis demográficos, socioeconômicos e habitacionais (SÃO PAULO (CIDADE), Lei Municipal nº 16.050/2014, Art. 300, § Único, inciso I).

c) Setorização de risco alto e muito alto de escorregamentos e inundações.

A partir de 2012 iniciou-se em âmbito nacional (...) visando subsidiar os sistemas de alarme e alerta dos municípios e atender às demandas dos órgãos federais (...). No Estado de São Paulo esses trabalhos têm sido elaborados pela CPRM e pela Coordenadoria Estadual de Defesa Civil (CEDEC) (BROLLO e FERREIRA, 2016, p.21).

d) Mapeamento da Suscetibilidade de Escorregamento e Inundação.

A PNPDEC alterou o Estatuto das Cidades, tornando obrigatória a elaboração de carta geotécnica como ferramenta de planejamento urbano, de infraestrutura, de gestão de recursos hídricos e de ocupação de uso do solo. (...) As cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e a inundações geradas mostram uma classificação relativa (alta,

média, baixa) apoiada em um modelo de abordagem em desenvolvimento, fundamentado inicialmente em fatores predisponentes relacionados aos terrenos, espacializáveis e obtidos por meio de compilação e tratamento de dados secundários (BROLLO e FERREIRA, 2016, p.21).

e) Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC) e Planos de Contingência voltados a escorregamentos e inundações.

Este Plano (o PPDC) entra em operação anualmente, no período de quatro meses de verão (dezembro a março) e envolve ações de monitoramento dos totais pluviométricos (chuvas) e da previsão meteorológica, além de vistorias de campo e atendimentos emergenciais com vistorias técnicas em áreas de risco. O objetivo principal é evitar a ocorrência de mortes, com a remoção preventiva e temporária da população que ocupa as áreas de risco, antes que os escorregamentos atinjam suas moradias. (...) Os Planos de Contingência são instrumentos de ação, que estabelecem os procedimentos a serem adotados pelos órgãos envolvidos na resposta a emergências e desastres quando da atuação direta ou indireta em eventos relacionados a estes desastres naturais. (...) A operação dos planos é regulamentada por Resoluções da Casa Militar, anualmente editadas, as quais especificam todas as regiões e municípios que operam o plano (BROLLO e FERREIRA, 2016, p.22).

f) Campanha “Construindo Cidades Resilientes”.

Uma cidade resiliente é aquela que tem a capacidade de resistir, absorver e se recuperar de forma eficiente dos efeitos de um desastre e de maneira organizada prevenir que vidas e bens sejam perdidos. (...) Esta campanha, lançada no Brasil em 2013, faz parte da Estratégia Internacional para a Redução de Desastres (EIRD), da Organização das Nações Unidas (ONU). O objetivo (da campanha) é aumentar o grau de consciência e compromisso em torno das práticas de desenvolvimento sustentável, como forma de diminuir as vulnerabilidades e propiciar o bem-estar e segurança dos cidadãos. (...) No Brasil é uma iniciativa da Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC), do Ministério da Integração Nacional (MI), para sensibilizar governos e cidadãos para os benefícios de se reduzir os riscos por meio da implementação de 10 passos para construir cidades resilientes. (...) No Estado de São Paulo, a CEDEC tem incentivado os municípios a aderirem a esta campanha e, em conjunto com a Secretaria do Meio Ambiente, vem proporcionando o incremento na adesão à Campanha via Programa Município Verde Azul (SÃO PAULO - SMA, 2016), que anualmente promove a medição da eficiência da gestão ambiental nos municípios paulistas (BROLLO e FERREIRA, 2016, p.23).

Brollo e Ferreira (2016) avaliaram que os instrumentos de gestão de risco utilizados pelos municípios no Estado de São Paulo estão em evolução nos últimos 15 anos, conforme a Figura 2.4-1. Ao final de 2015, 402 municípios (62% dos municípios do Estado) eram atendidos por algum dos instrumentos de gestão existentes.

Figura 2.4-1: Total de municípios com instrumentos de gestão de riscos no Estado de São Paulo: evolução do indicador no período entre 2000 e 2015.

MIG (Municípios com Instrumento de Gestão): Total de municípios atendidos por pelo menos um instrumento de gestão de risco no Estado de São Paulo.

Fonte: Brollo e Ferreira (2016)

De acordo com IG (2012), no âmbito municipal, além do Plano Municipal de Redução de Riscos, existem diversos instrumentos que podem

contribuir com a orientação a atuação na gestão de riscos: o Plano Diretor Municipal, a Lei de Uso e Ocupação do Solo, o Código de Obras, a Carta geotécnica de aptidão à urbanização, leis específicas que contemplem a prevenção de riscos de inundações e escorregamentos e legislação sobre impactos de vizinhança, e os planos de saneamento básico que contemplem os serviços de: abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais urbanas.

Além das legislações específicas, cabe aos municípios fiscalizar e monitorar as áreas de risco para evitar novas ocupações.

Esses instrumentos permitem planejar, diagnosticar e buscar minimizar os problemas nessas áreas.

Como um dos principais instrumentos básicos de planejamento, o Plano Diretor Municipal é articulado com as leis orçamentárias e plano de metas e é complexo, uma vez que orienta todo o desenvolvimento e dinâmicas de transformações na cidade, sujeito à revisões periódicas.

O Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo (Lei nº 16.050/2014) está estruturado a partir de regras específicas para porções homogêneas do território, definidas como macroáreas e macrozonas (Art. 9º, inciso I), dispostas geograficamente conforme a Figura 2.4-2.

As macroáreas que compõem a Bacia do Córrego Ipiranga podem ser visualizadas na Figura 2.4-3.

Figura 2.4-2: Macrozonas e Macroáreas definidas pelo Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo.

Fonte: São Paulo (Cidade), 2014.

Figura 2.4-3: Macroáreas do Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo presentes na Bacia do Córrego Ipiranga.

O Plano dispõe que a maior parte da bacia hidrográfica do Córrego Ipiranga está classificada na Macrozona de Estruturação e Qualificação Urbana, entre as Macroáreas de Estruturação Metropolitana e de Qualificação da Urbanização.

As cabeceiras do córrego estão situadas na Macrozona de Proteção e Qualificação Ambiental, Macroárea de Preservação de Ecossistemas Naturais, na área delimitada pelo PEFI.

Dentre os objetivos de cada uma dessas Macrozonas e Macroáreas, destacam-se:

Macrozona de Estruturação e Qualificação Urbana:

Art. 10, § 2º - I – promoção da convivência mais equilibrada entre a urbanização e a conservação ambiental, entre mudanças estruturais provenientes de grandes obras públicas e privadas e as condições de vida dos moradores; (...)

III – orientação de processos de reestruturação urbana de modo a repovoar os espaços com poucos moradores, fortalecer as bases da economia local e regional, aproveitar a realização de investimentos públicos e privados em equipamentos e infraestruturas para melhorar as condições dos espaços urbanos e atender necessidades sociais, respeitando as condicionantes do meio físico e biótico e as características dos bens e áreas de valor histórico, cultural, religioso e ambiental (...).

A Macroárea de Estruturação Metropolitana tem os seguintes objetivos e características:

I - transformações estruturais orientadas para o maior aproveitamento da terra urbana com o aumento nas densidades construtiva e demográfica e implantação de novas atividades econômicas de abrangência metropolitana, atendendo a critérios de sustentabilidade e garantindo a proteção do patrimônio arquitetônico e cultural, em especial o ferroviário e o industrial;

II - recuperação da qualidade dos sistemas ambientais existentes, especialmente dos rios, córregos e áreas vegetadas, articulando-os adequadamente com os sistemas urbanos, principalmente de drenagem, saneamento básico e mobilidade, com especial atenção à recuperação das planícies fluviais e mitigação das ilhas de calor; (...)

VII - redefinição dos parâmetros de uso e ocupação do solo para qualificação dos espaços públicos e da paisagem urbana;

VIII - minimização dos problemas das áreas com riscos geológico-geotécnicos e de inundações e solos contaminados, acompanhada da prevenção do surgimento de novas situações de vulnerabilidade;

IX - compatibilização de usos e tipologias de parcelamento do solo urbano com as condicionantes geológico-geotécnicas e hidrológicas; (...)

Macrozona de Proteção e Recuperação Ambiental:

Art. 17, I – conservação e recuperação dos serviços ambientais prestados pelos sistemas ambientais existentes, em especial aqueles relacionados com a produção de água, biodiversidade, proteção do solo e regulação climática;

II – proteção da biodiversidade, dos recursos hídricos e das áreas geotecnicaamente frágeis; (...)

IV – respeito à legislação referente à Mata Atlântica, à proteção e recuperação dos mananciais e às Unidades de Conservação; (...)

X – minimização dos problemas existentes nas áreas com riscos geológico-geotécnicos, de inundações e decorrentes de solos contaminados e prevenção do surgimento de novas situações de risco (...).

Art. 21. A Macroárea de Preservação de Ecossistemas Naturais, (...) é caracterizada pela existência de sistemas ambientais cujos elementos e processo ainda conservam suas características naturais.

§ 1º Na Macroárea de Preservação de Ecossistemas Naturais predominam áreas de remanescentes florestais naturais e ecossistemas associados com expressiva distribuição espacial e relativo grau de continuidade e conservação, mantenedoras da biodiversidade e conservação do solo, bem como várzeas preservadas, cabeceiras de drenagem, nascentes e cursos d'água ainda pouco impactados por atividades antrópicas e áreas com fragilidades geológico-geotécnicas e de relevo suscetíveis a processos erosivos, escorregamentos ou outros movimentos de massa.

§ 2º A Macroárea de Preservação de Ecossistemas Naturais integra a zona rural.

§ 3º Os objetivos específicos da Macroárea de Preservação de Ecossistemas Naturais são:

I - manutenção das condições naturais dos elementos e processos que compõem os sistemas ambientais;

II - preservação dos bens e áreas de interesse histórico e cultural;

III - proteção das espécies vegetais e animais, especialmente as ameaçadas de extinção;

IV - respeito às fragilidades geológico-geotécnicas e de relevo dos seus terrenos;

V - implementação e gestão das unidades de conservação existentes;

VI - criação de novas unidades de conservação de proteção integral;

VII - promoção de atividades ligadas à pesquisa, ao ecoturismo e à educação ambiental.

A Lei também destaca as funções do Sistema de Drenagem (Art. 214), que são elementos que garantem o escoamento das águas, e tem dentre seus componentes:

I – fundos de vale, linhas e canais de drenagem, planícies aluviais e talwegues; (...)

IV – o sistema de áreas protegidas, áreas verdes e espaços livres, em especial os parques lineares.

Dentre os objetivos do Sistema de Drenagem (Art. 215), destacam-se:

I – redução dos riscos de inundação, alagamentos e de suas consequências sociais;

II – redução da poluição hídrica e do assoareamento;

III – recuperação ambiental de cursos d'água e dos fundos de vale

O Art. 216 expõe como as diretrizes do Sistema de Drenagem:

I – adequar as regras de uso e ocupação do solo ao regime fluvial nas várzeas;

II - preservar e recuperar as áreas com interesse para drenagem, principalmente várzeas, faixas sanitárias, fundos de vale e cabeceiras de drenagem;

III - respeitar as capacidades hidráulicas dos corpos d'água, impedindo vazões excessivas;

IV - recuperar espaços para o controle do escoamento de águas pluviais;

V - adotar as bacias hidrográficas como unidades territoriais de análise para diagnóstico, planejamento, monitoramento e elaboração de projetos;

VI - adotar critérios urbanísticos e paisagísticos que possibilitem a integração harmônica das infraestruturas com o meio ambiente urbano;

VII - adotar tecnologias avançadas de modelagem hidrológica e hidráulica que permitam mapeamento das áreas de risco de inundação, considerando diferentes alternativas de intervenções;

VIII - promover a participação social da população no planejamento, implantação e operação das ações de drenagem e de manejo das águas pluviais, em especial na minoração das inundações e alagamentos;

IX - promover junto aos municípios, aos consórcios intermunicipais e ao Estado o planejamento e as ações conjuntas necessárias para o cumprimento dos objetivos definidos para este sistema;

X - promover a participação da iniciativa privada na implementação das ações propostas, desde que compatível com o interesse público;

XI - promover a articulação com instrumentos de planejamento e gestão urbana e projetos relacionados aos demais serviços de saneamento.

O Art. 269 caracteriza o que são consideradas como áreas de Preservação Permanente, não excluindo as áreas consolidadas, conforme o Art. 270:

Art. 269. Área de Preservação Permanente – APP são as porções do território, protegida nos termos da legislação federal específica, revestida ou não com cobertura vegetal, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a permeabilidade do solo, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, o solo e de assegurar o bem-estar das populações humanas.

§ 1º A delimitação das Áreas de Preservação Permanente deverá obedecer aos limites fixados pela norma federal específica.

§ 2º As intervenções em Área de Preservação Permanente apenas poderão ser admitidas nos casos de interesse social, utilidade pública ou baixo impacto, de acordo com a norma federal específica.

Art. 270. Os projetos urbanos e planos que envolvam intervenções em Áreas de Preservação Permanente, em áreas urbanas consolidadas, deverão apresentar estudo técnico que demonstre a manutenção e/ou recuperação das funções socioambientais dessas áreas, cuja abrangência deverá ser regulamentada por norma específica.

§ 1º O Executivo deverá regulamentar o escopo mínimo do estudo referido no “caput”, podendo exigir, de acordo com a escala, dimensão e caráter da intervenção, os seguintes aspectos:

I - a caracterização socioambiental da bacia ou sub-bacia hidrográfica em que está inserida a APP, incluindo passivos e fragilidades ambientais;

II - a especificação e a avaliação dos sistemas de infraestrutura urbana e de saneamento básico implantados, de outros serviços e equipamentos públicos e proposta de implantação e complementação desses sistemas;

III - a identificação das unidades de conservação e demais áreas protegidas na área de influência direta da ocupação;

IV - o mapeamento do uso do solo na bacia ou sub-bacia em que está inserida a APP;

V - a identificação das áreas consideradas de risco de inundações e de movimentos de massa, tais como deslizamento, queda e rolamento de blocos, corrida de lama, e outras definidas como de risco geotécnico;

VI - a indicação das faixas ou áreas em que devem ser resguardadas as características ou as funções ecossistêmicas típicas da Área de Preservação Permanente, com a devida proposta de recuperação de áreas degradadas, e daquelas não passíveis de regularização;

VII - a avaliação dos riscos socioambientais;

VIII - a identificação das demandas e expectativas da população do entorno com relação às possibilidades de uso e fruição dessas áreas e a indicação de formas de participação;

IX - a indicação de áreas para a realocação da população afetada pelas obras, em especial aquela de baixa renda;

X - a demonstração da melhoria das condições de sustentabilidade urbano-ambiental e de habitabilidade dos moradores a ser promovida pela intervenção;

XI - a demonstração de garantia de acesso livre e gratuito pela população aos corpos d'água, sempre que possível.

§ 2º Os projetos urbanos de que trata o § 1º deverão priorizar a implantação de parques lineares, como intervenção de caráter socioambiental e interesse público, compatível aos regimes de inundação das várzeas.

Portanto, a Lei infere que podem ser retomadas as intenções de proteção de áreas de várzeas e a utilização de recursos compatíveis com as características ambientais. As propostas para reorganização das áreas já ocupadas e urbanizadas podem estar contempladas no Programa de Recuperação de Fundos de Vale, conforme disposto no Art. 272.

Art. 272. O Programa de Recuperação de Fundos de Vale é composto por intervenções urbanas nos fundos de vales, articulando ações de saneamento, drenagem, implantação de parques lineares e urbanização de favelas.

Parágrafo único. São objetivos do Programa de Recuperação Ambiental de Fundos de Vale:

I - ampliar progressiva e continuamente as áreas verdes permeáveis ao longo dos fundos de vales, criando progressivamente parques lineares e minimizando os fatores causadores de enchentes e os danos delas decorrentes, aumentando a penetração no solo das águas pluviais e instalando dispositivos para sua retenção, quando necessário;

II - promover ações de saneamento ambiental dos cursos d'água;

III - mapear e georreferenciar as nascentes; (...)

V - integrar na paisagem as áreas de preservação permanente com as demais áreas verdes, públicas e privadas, existentes na bacia hidrográfica;

VI - aprimorar o desenho urbano, ampliando e articulando os espaços de uso público, em especial os arborizados e destinados à circulação e bem-estar dos pedestres;

VII - priorizar a utilização de tecnologias socioambientais e procedimentos construtivos sustentáveis na recuperação ambiental de fundos de vale; (...)

IX - integrar as unidades de prestação de serviços em geral e equipamentos esportivos e sociais aos parques lineares previstos;

X - construir, ao longo dos parques lineares, vias de circulação de pedestres e ciclovias;

XI - mobilizar a população do entorno para o planejamento participativo das intervenções na bacia hidrográfica, inclusive nos projetos de parques lineares;

XII - desenvolver atividades de educação ambiental e comunicação social voltadas ao manejo das águas e dos resíduos sólidos;

XIII - criar condições para que os investidores e proprietários de imóveis beneficiados com o Programa de Recuperação Ambiental de Fundos de Vale forneçam os recursos necessários à sua implantação e manutenção, sem ônus para a municipalidade.

O Art. 297, que trata das ações prioritárias em áreas de risco, também destaca como alguns dos objetivos:

(...) III – prevenir a formação de novas áreas de risco, por meio de diretrizes de urbanização e edificação compatíveis com as potencialidades e restrições do meio físico;

IV – coibir o surgimento de ocupações urbanas nas áreas suscetíveis a desastres; (...)

VI – reduzir os níveis de risco de inundações, erosões e deslizamentos, por meio da implantação de intervenções estruturais nas áreas de risco existentes;

VII – proteger a população nas áreas de risco, mediante a preparação em caso de ocorrência de desastres.

Pesquisas mostram que as ações estruturais são necessárias, mas não suficientes para reduzir os danos. Há necessidade de que essas medidas sejam implantadas em conjunto com as medidas não estruturais e que a população desenvolva uma resiliência aos desastres, isto é, capacidade de reagir coletivamente, de tal modo que os impactos socioeconômicos de um desastre sejam os mínimos possíveis. Por outro lado, observa-se que em muitos países o foco de atuação dos órgãos de defesa civil vem migrando

lentamente da administração dos desastres para a gestão de riscos, por ser essa abordagem mais eficaz, pois age-se antes do desastre ocorrer, poupando vidas e bens (CUNHA, 2012; JHA; BLOCH; LAMOND, 2012).

Compreender os tipos, causas e riscos das inundações, as probabilidades de ocorrência, seu impacto em termos de extensão, duração, profundidade (altura da massa d'água em metros) e velocidade (da subida do nível da água) é essencial para o planejamento de medidas e soluções. Também é importante identificar a frequência das inundações e as características da população que ocupa as áreas potencialmente afetadas e o seu grau de vulnerabilidade. Esses dados são críticos para definir a necessidade, urgência e prioridade em implantar as medidas de gestão de risco de inundação (JHA; BLOCH; LAMOND, 2012).

Ao gerenciar o risco de inundações atualmente, e no planejamento futuro, deve-se chegar a um equilíbrio entre as abordagens do senso comum que minimizam impactos por meio de um melhor gerenciamento urbano e da manutenção da infraestrutura existente de mitigação de inundação e abordagens de prevenção que tenham foco na identificação e redução de riscos de inundação futura, construindo uma nova infraestrutura de mitigação de inundações ou radicalmente reformulando o ambiente urbano. Ao se tomar decisões sobre a priorização adequada do esforço de gerenciamento de inundação, faz-se necessário o entendimento tanto do risco de inundação presente quanto futuro (JHA; BLOCH; LAMOND, 2012, p.23).

De acordo com Jha, Bloch e Lamond (2012), os doze princípios chave para a gestão integrada de risco de inundação são:

- a) Todos os cenários de risco de inundação são diferentes: não há cópia de gestão de inundação;
- b) Projetos para a gestão de inundações devem ser capazes de lidar com um futuro incerto e mutável;
- c) A rápida urbanização requer a integração da gestão de risco de inundação ao planejamento urbano e governanças regulares;

- d) Uma estratégia integrada requer o uso de medidas tanto estruturais como não estruturais e uma boa métrica para “se obter o equilíbrio correto”;
- e) Medidas estruturais de engenharia podem transferir o risco à jusante e à montante;
- f) É impossível eliminar por completo o risco de inundação;
- g) Muitas medidas de gestão de inundação têm múltiplos co-benefícios, como o de qualidade de vida urbana;
- h) É importante considerar as consequências ecológicas e sociais mais amplas do emprego de recursos na gestão de inundações;
- i) Deve haver clareza de responsabilidade para construir e dirigir programas de risco de inundação (níveis nacional, estadual, municipal e comunitário);
- j) Implementar medidas de gestão de risco de inundação requer a cooperação de múltiplas partes envolvidas;
- k) É necessária a comunicação contínua para criar consciência e reforçar a preparação;
- l) Deve haver um plano para rápida recuperação após inundação, abrangendo o uso da oportunidade pós-desastre para capacitação.

No caso das áreas urbanas no Brasil, e particularmente no município de São Paulo, as vias marginais, que são afetadas recorrentemente por inundações, constituem um caso próprio para reformulação do ambiente. Uma vez que as vias ocupam as planícies dos rios, que são áreas naturalmente inundáveis com frequência, essas áreas sempre apresentam problemas, independentemente das medidas estruturais implantadas. Entretanto, o custo dessas modificações, após a consolidação dos centros urbanos, torna ainda mais complicada a mudança de uso, como se evidencia na Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga.

2.5 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS OPERACIONAIS

O trabalho foi operacionalizado conforme os níveis de pesquisa propostos por LIBAULT (1971): compilatória, correlativa, semântica e normativa.

O nível compilatório correspondeu à etapa inicial da pesquisa, em que se realizou o levantamento bibliográfico, cartográfico, temático e histórico da área de estudo, que ofereceram subsídios aos níveis seguintes.

No nível correlativo, os dados previamente compilados foram definidos em variáveis, e analisados individualmente.

No nível semântico, os dados trabalhados na etapa correlativa foram analisados integradamente e hierarquizados, de forma a permitir resultados conclusivos.

O nível normativo, etapa final da pesquisa, correspondeu às proposições de políticas públicas e propostas de minimização dos problemas constatados na área de estudo.

A partir desses pressupostos, os níveis foram estruturados conforme fluxograma apresentado na Figura 2.5-1.

Figura 2.5-1: Fluxograma dos procedimentos técnicos e operacionais.

Org.: Amaral (2018)

2.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nível compilatório – Levantamento de dados

A partir da definição dos objetivos do trabalho, da seleção da fundamentação teórica metodológica e das referências relacionadas nos Capítulos 2.1 a 2.4, foram realizados levantamentos de bases temáticas para a caracterização da área de estudo, trabalhos de campo e a seleção de informações para subsidiar a construção das variáveis de análise, conforme os materiais e fontes relacionados a seguir.

Para a caracterização da área de estudo foram obtidos dados oficiais do Município de São Paulo (PMSP-Mapa Digital da Cidade de São Paulo, 2017a), base de logradouros (IBGE), dados regionais geomorfológicos (ROSS; MOROZ, 1997), geológicos (FERNANDES et al., 2016) e climáticos (TARIFA; ARMANI, 2001), dados pluviométricos (Estação Meteorológica E3-035 do IAG-USP do período de 1933 até 2016), de ocupação (cartas do Projeto SARA BRASIL, 1930 e imagem de satélite World View® (2017). Foram consultados dados de levantamentos prévios de inundação na bacia junto à PMSP-Secretaria de Infraestrutura Urbana e Obras, no documento “Obras para controle de inundações na Bacia do Riacho do Ipiranga”, elaborado em 2014 e o trabalho de Fernandes (2017).

Para o subsídio às variáveis de análise, definidas de acordo com os pressupostos metodológicos da Análise Integrada, os materiais foram:

Variável 1 – Morfologia da Bacia – dados de hidrografia, delimitação da bacia e curvas de nível com equidistância de 5 m. A base cartográfica foi obtida dos dados oficiais do Município de São Paulo (PMSP-Mapa Digital da Cidade de São Paulo, 2017a) e das folhas planialtimétricas do Sistema Cartográfico Metropolitano, elaborado pela EMPLASA (1980/1981).

Variável 2 – Dados pluviométricos – foram utilizados os dados pluviométricos da Estação Meteorológica E3-035 do IAG-USP do período de

1933 até 2016 e Boletim Climatológico (IAG-USP, 2016). Os dados do pluviógrafo digital são registrados a cada hora, para posteriormente totalizar os valores diários e mensais.

Variável 3 – Histórico de eventos de inundação - as notícias de jornais foram consultadas conforme a disponibilidade de acervo de cada meio de comunicação. Santos e Amaral (2017) consultaram os seguintes meios de comunicação e fonte oficial/período: do jornal digital Ipiranga News foram acessados dados relativos ao período entre 2009 e 2016; o acervo digital do jornal Folha de São Paulo permitiu acesso às edições do período entre 1960 e 2016; o acervo digital do jornal O Estado de São Paulo permitiu acesso às edições do período entre 1875 e 2017; o arquivo do Centro de Gerenciamento de Emergências (CGE/PMSP) abrangeu o período de 2000 a 2017. Adicionalmente ao levantamento realizado por Santos e Amaral (2017) foram avaliados os dados do arquivo do Sistema de Alerta a Inundações do Estado de São Paulo, Departamento de Águas e Energia Elétrica, Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (SAISP DAEE/FCTH), que compreenderam o período de 2007 a 2017.

Variável 4 – Variação do nível da água nos eventos de inundação - os dados fluviométricos foram obtidos junto ao SAISP/DAEE/FCTH, que mantêm instalados ao longo do Córrego Ipiranga dois postos fluviométricos: do posto P275 foram coletados dados no período entre maio de 2007 a julho de 2017; do posto P563 foram coletados dados no período entre fevereiro de 2014 e julho de 2017. Ambas as séries de dados apresentam falhas na medição, como alguns intervalos sem informação e dados anômalos, e são curtas em relação à série de dados pluviométricos. Não foram encontrados outros dados fluviométricos secundários que pudessem suplementar a análise.

Variável 5 – Graus de impermeabilização – foram consultadas cartas do Projeto SARA BRASIL (1930), as imagens aerofotogramétricas dos anos de 1940 e 1954, obtidas junto a PMSP (Mapa Digital da Cidade de São Paulo, 2017), e de 1958 e 1994, que, assim como as imagens de satélite dos anos de 2010 e 2017, foram obtidas junto ao acervo do Instituto Geológico (IG) (material digital).

Variável 6 – Intervenções nos cursos d'água – foram consultados materiais históricos do acervo da Biblioteca do IG, a Carta “Planta da Cidade de São Paulo – dos terrenos desapropriados para o seu abastecimento d'água” de 1900 e do Acervo Fotográfico do Museu da Cidade de São Paulo, PMSP (2018) – Secretaria Municipal de Cultura (período entre 1907 e 1970). Foram consultadas notícias de meios de comunicação digital para obtenção do histórico de obras (UOL e Jornal Zona Sul) e base digital hidrográfica da PMSP, 2017a (Mapa Digital da Cidade de São Paulo).

Nível correlativo – Análise dos dados

Conforme abordado nos referenciais metodológicos dos capítulos anteriores, para possibilitar a análise integrada em uma primeira fase o ambiente é desconstruído em fatores, que são analisados separadamente, e posteriormente, reconstruído. Nesse nível as variáveis foram analisadas individualmente, de acordo com os dados coletados no nível anterior, a partir da perspectiva multitemporal, ou seja, de acordo com a maior série de dados obtida no histórico levantado.

Variável 1 – Morfologia da Bacia

Para analisar a morfologia da bacia, aplicou-se inicialmente a classificação proposta por Strahler (1957) e os parâmetros definidos por Horton (1945) para análise quantitativa de bacias hidrográficas e canais de drenagem.

Diversos parâmetros morfométricos das bacias de drenagem estão fortemente correlacionados às suas características hidrológicas e, portanto podem ser avaliados para se estimar sua influência nas inundações, conforme proposto por Zăvoianu (1985) e Kochel (1988).

Com base no trabalho realizado por Souza (2005), foram selecionados para essa análise os seguintes parâmetros: ordem hierárquica da bacia;

número e frequência de canais totais e de primeira ordem; área e perímetro da bacia; comprimento do canal principal; forma e índice de circularidade; declividade do canal principal e da bacia; densidade de drenagem; taxa de relevo e rugosidade do relevo.

Além dos parâmetros morfológicos, foram associados como instrumentos de análise as características dos vales e os perfis transversais, a partir da elaboração de mapas geomorfológicos (ROSS, 1992), bem como foi realizado o comparativo dos dados da bacia do Córrego Ipiranga com o contexto regional.

Variável 2 – Dados pluviométricos

Para analisar os dados pluviométricos da Estação Meteorológica E3-035 do IAG-USP do período de 1933 até 2016, foram avaliadas as pluviosidades média, máxima e mínima ao longo dos anos e sua distribuição ao longo dos meses do ano.

Os dados foram comparados com outros estudos locais e regionais de forma a contextualizar as alterações na pluviosidade constatadas ao longo do período. A partir dos dados organizados, buscou-se caracterizar o comportamento das chuvas diárias em intervalos compreendidos em chuvas acima de: 30 mm, 40 mm, 60 mm, 80 mm, 100 mm e 120 mm.

Na área da bacia não foram encontrados outros postos pluviométricos com dados consistentes e com séries de longo período.

Variável 3 – Histórico de eventos de inundações

Foram relacionados os eventos registrados a partir das notícias de jornal e dados de órgãos públicos oficiais, conforme proposto por IG (2009), Gutjahr et al. (2010) e Fernandes da Silva et al. (2014).

Os dados foram agrupados por décadas, de forma a espacializar os pontos com eventos registrados e suas alterações e recorrências ao longo do período para análise multitemporal.

Variável 4 – Variação do nível da água nos eventos de inundação

A partir de análise dos dados coletados junto ao SAISP, foram avaliadas as variações no nível d'água para as proximidades dos postos fluviométricos P275 e P563. Observou-se que os dados coletados não foram suficientes para subsidiar a organização da análise da magnitude das inundações em toda a bacia.

Como os dados coletados dos postos abrangem apenas parte da bacia, foram aplicadas entrevistas nas áreas pré-identificadas a partir do histórico de eventos de inundação, obtidos com a análise da Variável 3 (Cap. 3.3), como sujeitas à inundação, para complementar as informações e melhorar a qualidade da análise.

Os questionários semiestruturados foram aplicados no período entre abril e maio de 2019. Os entrevistados receberam e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), aprovado pelo Comitê de Ética da Plataforma Brasil, do Ministério da Saúde, de acordo com as Resoluções Federais nº 510/2016 e nº 466/2012. O formulário, o projeto submetido, o TCLE entregue aos entrevistados e o Parecer Consubstanciado com a aprovação da pesquisa são apresentados no **Anexo 1**.

De acordo com o sigilo garantido pelo TCLE, não foram relacionados os endereços dos locais fotografados, apenas identificados por trecho, definidos de acordo com as ocorrências do histórico de eventos (Variável 3).

As entrevistas visaram identificar os eventos ocorridos nas últimas 3 décadas e classificar áreas em que ainda ocorrem os eventos (Atuais) e áreas em que por implantação de alguma medida, as inundações deixaram de ocorrer (Pretéritas).

As áreas afetadas foram classificadas de acordo com as categorias de severidade proposta por Schroeder et al. (2016) (Tabela 2.1-4), conforme os impactos apurados nas entrevistas.

Variável 5 – Graus de impermeabilização

Para avaliar as mudanças geradas pelo impacto antrópico do adensamento populacional e consequente impermeabilização da superfície optou-se recorrer a uma análise multitemporal, a partir de mapas, aerofotos e imagens de satélite, com o objetivo de delimitar o avanço das áreas construídas e as alterações em margens e cursos d'água (BOUDOU; DANIÈRE; LANG, 2016; FACCINI et al., 2015, 2016; CŒUR; LANG, 2008).

Após a análise do grau de impermeabilização foram selecionados 4 áreas amostrais, em diferentes situações de densidade de ocupação urbana, para aplicação do método BAF (*Biotope Area Factor* – Fator Biótopo de Área), conforme proposto na Tabela 2.1-3 (Cap. 2.1). Bettine et.al. (2012) esclarecem que o método propõe como desejável para a estabilidade ecológica das áreas residenciais e comerciais que o índice BAF esteja entre 0,3 a 0,6.

As áreas amostrais foram definidas em posições distintas na bacia, com padrões construtivos diferentes: jusante (Área 1), médio curso (Áreas 2 e 3) e montante (Área 4). A seleção das áreas amostrais visou avaliar se algum dos padrões de ocupação se aproxima do proposto como ideal pela metodologia BAF.

Variável 6 – Intervenções nos cursos d'água

A análise multitemporal de cenários pretéritos para a obtenção da evolução do uso da terra na área de estudo também subsidiou a construção da Variável 6. Os registros históricos foram utilizados para caracterizar as modificações antrópicas e estruturais no canal principal e afluentes ao longo do último século.

Nível semântico – Análise integrada dos dados das variáveis

Nesse nível foram analisados os dados obtidos na caracterização das variáveis, de forma integrada, conforme proposto em Bertrand (1971), Sotchava (1978), Monteiro (2000), Tricart (1977) e Ross (1994).

A *análise integrada* foi obtida a partir de todos os dados correlacionados, para estabelecer a frequência e a magnitude das inundações, os limiares e as características relevantes de cada variável e suas implicações e/ou contribuições que pré-dispõem as inundações na Bacia do Córrego Ipiranga.

Os dados obtidos a partir das variáveis 2 – Dados pluviométricos e 3 – Histórico dos eventos de inundação possibilitaram identificar a frequência das inundações, que é dada pela quantidade de eventos ocorrida em cada década. O objetivo é analisar a evolução dos eventos a partir das primeiras ocorrências registradas até a década de 2010.

Os dados obtidos a partir das Variáveis 3 – Histórico dos eventos de inundação e 4 – Variação do nível da água nos eventos de inundação possibilitaram identificar a magnitude das inundações. A magnitude representa a extensão territorial das áreas atingidas pelos eventos de inundação e também os prejuízos econômicos e sociais derivados desses eventos. Esse dado permitiu identificar os pontos mais críticos da bacia.

Os *limiares das inundações* na bacia do Córrego Ipiranga foram definidos pela análise dos dados obtidos nas Variáveis 2 – Dados pluviométricos e 3 – Histórico dos eventos de inundação. A partir do registro das datas de ocorrência das inundações, buscou-se descobrir a quantidade de chuva que causou a inundação e se o evento foi causado apenas por essa chuva ou pelo acumulado de chuva de dias anteriores. No Estado de São Paulo, os Planos Preventivos de Defesa Civil (PPDC) utilizam o monitoramento dos totais pluviométricos do acumulado de 72 horas para emitir alerta para a ocorrência de escorregamentos e inundações. Para o Município de São Paulo

o acumulado de 60 mm é o limiar para as ações de monitoramento e intervenção (IG, 2017).

Foram adotadas 3 categorias para a análise, denominadas chuva do evento, chuva da data do evento (24 horas) e chuva do acumulado de 72 horas, com as seguintes definições:

a) Chuva do evento (mm): quantidade de precipitação contínua em horário anterior à ocorrência da inundação;

b) Chuva na data do evento (mm): quantidade de precipitação na data em que se registrou a ocorrência da inundação, a partir das 0h00 às 23h59 (24 horas). Foi utilizado na caracterização dos eventos em que não foi possível determinar o horário da chuva que causou a inundação;

c) Acumulado de 72 horas (mm): quantidade de precipitação na data em que se registrou a ocorrência da inundação e nos dois dias anteriores (72 horas).

Para a composição dos limiares, foram selecionados os registros que atendiam os seguintes critérios:

a) a data exata da ocorrência da inundação foi identificada;

b) o ponto de inundação foi identificado (nos setores jusante ou médio curso para ser relacionados aos níveis dos postos fluviométricos da bacia). Portanto, não foram consideradas as localizações vagas como “próximo à Av. Dr. Ricardo Jafet”, “no Bairro do Ipiranga”;

c) a chuva do evento pôde ser obtida (com horário de início e final da precipitação que causou a inundação);

d) o acumulado de 72 horas foi superior a 30mm, pois abaixo desse valor é possível que o fenômeno registrado como inundação possa se tratar de alagamento, uma vez que 30mm de precipitação ao longo de 3 dias tem baixa probabilidade de causar uma elevação de cerca de 2 metros no nível da água do córrego.

As variáveis foram organizadas de modo a permitir identificar suas características mais relevantes e a implicação e contribuições nos eventos de inundação. A partir do método AHP, as variáveis que permitiam comparativos entre si foram decompostas em classes e hierarquizadas quanto a sua relevância para as inundações na bacia. Os cálculos foram gerados no software Excel®, seguindo a metodologia proposta por Saaty (1990).

Como os fatores naturais e antrópicos apresentam complexidades diferentes optou-se por analisá-los separadamente, conforme proposto por Stefanidis e Stathis (2013).

As classes e graus de influências dos fatores naturais referentes ao Grau de impermeabilização (que no caso nas áreas urbanas representa o uso da terra e as condições de permeabilidade – ou não - dos solos), Declividade do canal principal, Forma da bacia e Densidade de drenagem foram baseadas em Stefanidis; Stathis (2013). O fator Declividade da bacia foi baseado na classificação proposta por Ross (1994), e com base nas características da variável 1. As classes e graus de influências dos fatores antrópicos foram baseadas em Stefanidis; Stathis (2013).

Os cálculos das matrizes propostas por Saaty (1990) atribuem um número de 1 a 9 de acordo com a importância do critério. Nessa escala considera-se que 1 representa itens com igual importância e 9 representa o fator extremamente mais relevante em comparação ao outro, conforme a Tabela 2.6-1.

Esse julgamento remete a graduar qual dos elementos é mais importante em relação ao outro. O elemento julgado mais importante é representado com o número inteiro e o menos importante, representado pelo inverso dessa unidade como valor recíproco na posição correspondente da matriz, como o exemplo da Tabela 2.6-2.

Para avaliar a verificação de consistência das matrizes, os índices são normalizados (Tabela 2.6-3) e calculados o Autovalor (λ_{max}), a razão de consistência (*CR – consistency ratio*) e o índice de consistência (*CI - consistency index*). Para que a matriz seja considerada válida, a razão de consistência (CR) deve ser menor que 0,1.

O cálculo de CR é realizado por meio da fórmula (1):

$$(1) \quad CR = \frac{CI}{RI}$$

CI é calculado utilizando a equação (2):

$$(2) \quad CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

Onde λ_{max} representa o máximo valor da matriz de comparações e n representa o número de critérios utilizados para as comparações.

Tabela 2.6-1: Escala comparativa de par a par, conforme proposto por Saaty (1990).

Intensidade da importância em escala absoluta		Definição				Explicação			
1		Igual importância				Duas atividades que contribuem igualmente para o objetivo			
3		Importância moderada de um fator em relação ao outro				Experiência e julgamento favorecem uma atividade em relação à outra			
5		Forte importância				Experiência e julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra			
7		Muito forte importância				A atividade é fortemente favorecida em relação à outra e sua dominância é demonstrada na prática			
9		Extrema importância				A evidência favorece uma atividade em relação à outra, com alto grau de certeza.			
2, 4, 6, 8		Valores intermediários entre os julgamentos				Quando necessário valor intermediário entre os julgamentos.			
1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	
Extremamente	Bastante	Muito	Pouco	Igual	Pouco	Muito	Bastante	Extremamente	
Menos importante					Mais importante				

Org.: Amaral (2019), adaptado de Saaty (1990).

Tabela 2.6-2: Exemplo de matriz comparativa de par a par, entre os elementos A, B, C e D.

$n=4$	A	B	C	D
A	1	2	6	7
B	1/2	1	4	6
C	1/6	1/4	1	3
D	1/7	1/6	1/3	1

Onde: n = número de elementos comparados na matriz

Org.: Amaral (2019)

Tabela 2.6-3: Exemplo de matriz normalizada, entre os elementos A, B, C e D.

Passo 1: Matriz original com valor em fração transformados e somatória por coluna

$n=4$	A	B	C	D
A	1	2	6	7
B	0,5	1	4	6
C	0,17	0,25	1	3
D	0,14	0,17	0,33	1
soma	1,81	3,42	11,33	17,00

Passo 2: Matriz normalizada, com valores de cada célula divididos pela somatória de cada coluna e cálculo do peso de cada elemento na análise

$n=4$	A	B	C	D	Soma	Peso	Peso (%)
A	0,55	0,59	0,53	0,41	2,08	0,52	52
B	0,28	0,29	0,35	0,35	1,27	0,32	32
C	0,09	0,07	0,09	0,18	0,43	0,11	11
D	0,08	0,05	0,03	0,06	0,22	0,05	5

Onde: peso = Σ linha/ n

Org.: Amaral (2019)

O índice randômico (*RI – random index*) utilizado para o cálculo de *CR* é determinado pelo número de fatores da matriz (n), de 1 a 9, é dado pela Tabela 2.6-4. O exemplo dos cálculos de λ max, CI e CR é demonstrado na Tabela 2.6-5.

Tabela 2.6-4: Valores de *RI* utilizados para o cálculo de *CR*.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45

Fonte: Saaty (1990)

Tabela 2.6-5: Exemplo de cálculo de *CI* e *CR* para os elementos A, B, C e D.

<i>n=4</i>	A	B	C	D	Soma	Soma/Peso
A	0,52 (*)	0,64	0,64	0,38	2,18	4,19
B	0,26	0,32	0,43	0,32	1,33	4,18
C	0,09	0,08	0,11	0,16	0,44	4,05
D	0,07	0,05	0,04	0,05	0,22	4,02

(*) Cálculo obtido pelo = Peso da linha A (0,52) * valor de A na matriz original (1)

<i>n</i> = número de elementos	4	4
$\Lambda \text{ max} = \text{autovalor} = \sum (\text{Soma/Peso})/n$	$= (4,19+4,18+4,05+4,02)/n$	4,113
$CI = \Lambda \text{ max} - n / (n-1)$	$= (4,113 - 4) / 4-1$	0,038
$CR = CI / RI$	$= 0,038 / 0,9$	0,04

Org.: Amaral (2019)

A partir dos resultados obtidos com a análise integrada e hierarquização dos fatores, foram avaliadas medidas mitigatórias que podem ser aplicadas na área de estudo, em contexto nacional e internacional, conforme abordadas no nível normativo da pesquisa.

Nível normativo

O Capítulo 4.3 Conclusões retomou as razões do estudo, com a avaliação da hipótese e do objetivo do trabalho. É realizada uma apreciação sobre os procedimentos metodológicos propostos bem como os resultados de sua aplicação.

Por fim, no Capítulo 4.4 Recomendações, a partir dos dados obtidos na pesquisa, são avaliadas as contribuições dos resultados para recomendações que minimizem os problemas locais e a forma como estudos dessa natureza metodológica podem contribuir para as políticas públicas.

Foi realizado um levantamento de técnicas e estratégias utilizadas recentemente em escala mundial para avaliar proposições para a área de estudo.

PARTE III – VARIÁVEIS DE ANÁLISE DOS FATORES NATURAIS E ANTRÓPICOS DA BACIA DO CÓRREGO IPIRANGA

3.1 VARIÁVEL 1: MORFOLOGIA DA BACIA

A Bacia do Córrego Ipiranga apresenta 23 km² de área de drenagem, com perímetro de 31,46 km, padrão dendrítico e forma retangular e alongada, com orientação S-N.

O canal principal do córrego é de 4^a ordem hierárquica, de acordo com a classificação proposta por Strahler (1957), e apresenta cerca de 11 km de comprimento desde sua nascente principal até a foz (Figura 3.1-1).

A forma alongada da bacia está geralmente associada a índice baixo de suscetibilidade a inundações. Como os tributários deságuam no canal principal em diversos pontos, o fluxo d'água das chuvas é dispersado ao longo de toda a bacia (TRAJANO, 2012), reduzindo pontos de concentração que podem favorecer as inundações.

A bacia é composta por 51 nascentes, com predomínio dos canais de 1^a ordem, que também são os que contribuem com as maiores densidades de drenagem da bacia. Os dados morfométricos relacionados aos canais de drenagem são apresentados na Tabela 3.1-1.

A densidade de drenagem na bacia do Córrego Ipiranga é de 2,25 km/km², que, de acordo com o proposto por Strahler (1957) é uma densidade baixa. Quanto maior a densidade de drenagem e das confluências, mais rápido a água da chuva chega aos cursos d'água, intensificando as cheias na bacia. No caso do Córrego Ipiranga, esses valores indicam que as características são de baixas velocidades de escoamento das águas.

Figura 3.1-1: Ordem hierárquica dos canais (segundo Strahler, 1957) da Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.

Tabela 3.1-1: Dados morfométricos em relação aos canais, por ordem hierárquica, da Bacia do Córrego Ipiranga.

Ordem dos canais	Nº de canais	% dos canais em relação ao total	Comprimento total (km)	Densidade de drenagem (km/km²)
1ª Ordem	51	76,12	33,12	1,43
2ª Ordem	12	17,91	5,46	0,24
3ª Ordem	3	4,48	4,21	0,18
4ª Ordem	1	1,49	9,33	0,4
Total da Bacia	67	100	52,12	2,25

Org.: Amaral (2018)

Os parâmetros morfométricos relacionados à bacia hidrográfica do Córrego Ipiranga são apresentados sinteticamente na Tabela 3.1-2.

Tabela 3.1-2: Parâmetros morfométricos da Bacia do Córrego Ipiranga.

Parâmetro morfométrico	Descrição	Bacia do Córrego Ipiranga
Perímetro	Comprimento ao longo do divisor de águas da bacia	31,46 km
Área de Drenagem	Área total drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial.	23,12 km²
Comprimento do canal principal	Distância entre a nascente localizada em maior cota à montante e a foz	11,31 km
Gradiente do canal principal	Relação entre a amplitude altimétrica do canal e o comprimento do curso d'água (em %).	0,57%
Densidade de drenagem	Relação entre comprimento da rede de drenagem e área da bacia.	2,25 km/km²
Índice de circularidade	Relação entre a área da bacia e comprimento da bacia².	0,19
Altitude máxima	Cota mais alta na bacia	836 m
Altitude mínima	Cota mais baixa na bacia	730 m
Amplitude altimétrica da bacia	Diferença entre maior e menor cota da bacia	106 m
Amplitude altimétrica do canal	Diferença entre maior e menor cota entre nascente mais a montante e foz	65 m
Comprimento máximo da bacia	Distância entre os extremos montante e jusante da bacia	11,78 km
Rugosidade do relevo	Produto entre a amplitude altimétrica e a densidade de drenagem.	238,5
Taxa de relevo	Relação entre a amplitude altimétrica da bacia e o comprimento máximo da bacia. Indica a inclinação geral da bacia hidrográfica.	0,0089

Org.: Amaral (2018)

Os valores obtidos para a declividade do canal principal e os seus parâmetros associados, rugosidade e taxa de relevo, e a densidade de drenagem são baixos, assim como o índice de circularidade, que define o formato alongado da bacia. Esses valores induzem a graus baixos a moderados de perigo de inundação.

A declividade da bacia é baixa a média, com a maior parte da área apresentando declividades entre 0 a 12%, conforme Tabela 3.1-3 e Figura 3.1-2.

As declividades entre 0 e 3% localizam-se as margens do Córrego e predominam na planície fluvial próximo à foz do córrego no Rio Tamandateí e no trecho da confluência dos afluentes do PEFI com o canal principal.

As declividades entre 3 a 12% caracterizam as médias vertentes e predominam na bacia. As declividades entre 6 e 12% estão presentes às margens de alguns dos afluentes e predominam especialmente no médio curso e jusante. As áreas com declividades acima de 12% são predominantes nas cabeceiras e porção montante da bacia.

Tabela 3.1-3: Distribuição das declividades por área em m² e valores percentuais na Bacia do Córrego Ipiranga.

Classe de Declividade	Área (em m²)	Área (em %)
0 a 3%	2.891.400	12,51
3 a 6%	4.269.500	18,47
6 a 12%	8.136.800	35,20
12 a 20%	5.900.100	25,52
Acima de 20%	1.920.500	8,31

Org.: Amaral (2018)

Figura 3.1-2: Declividade (em porcentagem) na Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga - São Paulo/SP

Foto 1 - Vista para jusante da bacia, a partir de passarela sobre Córrego Ipiranga na Av. Tereza Cristina, São Paulo/SP

Foto: Amaral, R. (2018)

Foto 2 - Vista para jusante da bacia, a partir do cruzamento da R. Paulo Bregaro com a Av. Dr. Ricardo Jafet, Jardim Glória, São Paulo/SP.

Foto: Amaral, R. (2018)

Foto 3 - Vista de médio curso para a lateral esquerda da bacia (Rua Pedro Campana), onde se observam, ao fundo, locais mais elevados (seta vermelha)

Foto: Negri, F. (2018)

Foto 4 - Vista de médio curso para a lateral esquerda da bacia (Rua Padre Machado), onde se observam, ao fundo, os locais mais elevados (seta vermelha).

Foto: Negri, F. (2018)

Foto 5 - Vista para a montante da bacia a partir do cruzamento das Av. Prof. Abraão de Moraes e Fagundes Filho, Vila Monte Alegre, São Paulo /SP. Observa-se que mesmo no trecho de montante, a bacia apresenta áreas com baixas declividades.

Foto: Amaral, R. (2018)

A hipsometria da bacia apresenta altitudes que variam entre 730 e 836 metros. A amplitude topográfica entre o maior divisor e a foz da bacia é de 106 metros (Tabela 3.1-4 e Figura 3.1-3).

Os perfis transversais apresentam as amplitudes topográficas dos trechos montante, médio curso e jusante da bacia, e demonstram que a partir de médio curso para jusante a planície do rio torna-se ampla e plana, favorecendo o escoamento lento e acúmulo das águas das chuvas.

Tabela 3.1-4: Distribuição da hipsometria por área em m² e em valores percentuais na Bacia do Córrego Ipiranga.

Classe de Hipsometria	Área (em m²)	Área (em %)
730 a 750 m	3.244.600	14,03
751 a 775 m	7.250.600	31,36
776 a 800 m	9.036.800	39,09
> 800 m	3.586.300	15,51

Org.: Amaral (2018)

Figura 3.1-3: Hipsometria da Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.

Para avaliar a morfologia e as características dos vales dos afluentes e do canal principal, foi elaborado em escala 1:5.000, a partir de fotointerpretação e com base na proposta de Ross (1992), o Mapa Geomorfológico de Detalhe da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP e a classificação dos compartimentos de relevo (Figura 3.1-4).

As características da rede de drenagem mostram que os afluentes são predominantemente de vales em “V”, sem apresentar planícies de inundação, e apenas próximo às cabeceiras há um afluente que apresenta o vale em berço, com a formação de planícies fluviais, onde estão localizados os lagos do PEFI.

O canal principal, quando alcança a 3ª e 4ª ordem hierárquica e adentra a área delimitada no mapa como planície fluvial, apresenta formato predominante de vale de fundo plano, e, em alguns pontos apresenta característica de vale assimétrico à direita ou à esquerda. Nessas porções o vale apresenta maior área de planície e pequenas diferenças altimétricas e de declividade em uma das margens em relação à margem oposta.

Esse formato da várzea do canal principal, com planície ampla e plana, aliado à baixa declividade do canal e da Bacia do Córrego Ipiranga, favorecem o acúmulo de água e o prolongado tempo de escoamento nos eventos de inundação.

Na delimitação da planície fluvial do canal principal observou-se que ao longo do trajeto de montante para jusante, no trecho de médio curso ocorrem pontos de estreitamento da planície. Foram traçados perfis transversais a partir de curvas de nível com equidistâncias de 1 m para avaliar o comportamento do escoamento (Figura 3.1-5).

Analisando os cortes transversais na bacia de acordo com o fluxo do escoamento, de montante (segmento Y-Z) para jusante (segmento A-B), verificou-se que os perfis demonstram que no segmento U-V há um estreitamento bastante representativo em comparação com o trecho montante do segmento W-X. Da mesma forma, ocorre no segmento O-P em relação ao trecho montante Q-R e no segmento I-J em relação ao trecho K-L.

Esses trechos com estreitamentos demonstram uma condição genética que favorece o estrangulamento do fluxo da água nos eventos de chuva, tornando essas áreas preferenciais aos processos de inundação, principalmente quando combinado com vertentes que apresentam declividades acentuadas e levam o escoamento com maior velocidade até o fundo do vale.

No contexto regional, pode-se perceber que as inundações afetam também as áreas urbanas das demais sub-bacias do Rio Tamanduateí, próximas ao Córrego Ipiranga, como o Ribeirão dos Meninos e Ribeirão dos Couros, que têm características físicas semelhantes, com planícies amplas e planas e baixa declividade do canal principal, embora tenham maiores áreas de contribuição.

O Rio Tietê, bem como seus afluentes principais, dentre os quais se destaca o Rio Tamanduateí, tinham suas várzeas caracterizadas por meandros, e ocupavam uma planície de inundação bastante extensa. Atualmente esses vales estão urbanizados e impermeabilizados, e a ocupação manteve as cotas originais dos terrenos. Kanashiro (2013) ressalta que é evidente que a drenagem dos rios afluentes fica prejudicada ao adentrar nos vales (já impermeabilizados), e aliado à baixa declividade desses locais, favorecem as áreas de acumulação de sedimentos e de fluxo d'água, com lento escoamento para os canais principais.

O Plano Diretor de Macrodrenagem do Alto Tietê (FABHAT, 2016) avalia a situação das estruturas existentes na RMSP para amortecimento de águas das chuvas. Atualmente são 36 reservatórios que totalizam volume de reservação de mais de 5 milhões de m³. Ainda são previstas as construções de outros 104 novos reservatórios nas Bacias do Alto Tietê, sendo que 9 destes estão projetados para a Bacia do Rio Tamanduateí Inferior, do qual o Córrego Ipiranga é contribuinte (DAEE, 2012). O volume total que se pretende armazenar nesses novos 55 reservatórios de retenção é de cerca de 9 milhões de m³. Esse dado aponta que o problema das inundações urbanas ocorre em âmbito regional e não apenas local.

Figura 3.1-4 - Mapa Geomorfológico de detalhe da Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, tipos de vales e classificação do relevo.

Classificação do relevo na Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, segundo Ross (1992)									
1º TAXON	2º TAXON	3º TAXON	4º TAXON	5º TAXON			6º TAXON		
Morfoestrutura	Morfoescultura	Padrões de Formas Semelhantes	Tipos de Formas de Relevo	Tipos de Vertentes	Morfometria		Litologias dominantes	Tipos de solos dominantes	Formas de processos erosivos atuais
					Declividades	Altimetrias			
Cinturão Orogênico do Atlântico	Planalto Paulistano	Colinas	Colinas amplas e baixas	Vcx-b - Vertentes convexas de baixa declividade	3-6%	765-830 m	Rochas granitoides, micaxistos com quartzitos e metassiltitos subordinados	Argissolos Vermelho-Amarelos e Cambissolos	
				Vcc-b - Vertentes côncavas de baixa declividade	3-6%	760-830 m			
				Vcx-m - Vertentes convexas de média declividade	6-12%	760-830 m			Erosão laminar
				Vcc-m - Vertentes côncavas de média declividade	6-12%	755-825 m			Erosão laminar
				Tc - Topos convexos	3-6%	810-820 m			Erosão laminar
		Planícies fluviais	Planícies e terraços fluviais	Planas	0-3%	750-780 m	Inundações e carreamento de sedimentos		
		Bacia Sedimentar Cenozóica	Planalto de São Paulo	Colinas	Colinas e patamares aplanados	Vcx-b - Vertentes convexas de baixa declividade	3-6%	740-800 m	Depósitos quaternários de areias, argilas e lentes de conglomerados e depósitos terciários de sistema fluvial meandrante e leques aluviais.
Vcc-b - Vertentes côncavas de baixa declividade	6-12%					735-800 m			
Vcx-m - Vertentes convexas de média declividade	6-12%					735-790 m			
Vcc-m - Vertentes côncavas de média declividade	3-6%					750-770 m			
Tc - Topos convexos	3-6%					790-800 m			
Planícies fluviais	Planícies e terraços fluviais			Planas	0-3%	730-750 m	Inundações e carreamento de sedimentos		

Figura 3.1-5 - Mapa Geomorfológico da Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP e perfis transversais.

3.2 VARIÁVEL 2: DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Os dados pluviométricos diários foram coletados na Estação Meteorológica E3-035 do IAG-USP, localizada na porção montante da bacia. A análise mostra que, apesar de algumas variações ao longo do período de cerca de 80 anos, a tendência foi de aumento da pluviosidade anual no intervalo de 1933 a 2016.

Quando comparadas as médias pluviométricas entre os períodos de 1933 a 1975 e 1976 a 2016 por meio do Teste t de Student, observa-se que a diferença é significativa, com maior valor no segundo período amostrado.

A média anual foi de 1.409,5mm, sendo que o valor máximo anual ocorreu em 1983, com 2.236 mm e o valor mínimo em 1933, com 849,8 mm (Figura 3.2-1).

Figura 3.2-1: Dados pluviométricos anuais na bacia Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, com tendência linear (linha pontilhada), no período entre 1933 e 2016.

Org.: Amaral (2018). Fonte dos dados: IAG/USP.

Em relação aos valores das médias, máximas e mínimas absolutas de precipitações mensais no mesmo período de análise, destacam-se as máximas mensais nos meses de janeiro e março, que caracterizam as chuvas intensas e

concentradas no período do verão, em que ocorrem as inundações com maior frequência (Figura 3.2-2).

Figura 3.2-2: Valores médios, máximos e mínimos absolutos de precipitação mensal na bacia Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, no período entre 1933 e 2016.

Org.: Amaral (2018). Fonte dos dados: IAG/USP (2016).

Observam-se também as precipitações máximas diárias que foram registradas em cada mês do ano, ao longo do período de 1933 a 2016. Os dados revelam ocorrência de chuva acima de 140mm/24h no mês de março de 1966 (Figura 3.2-3).

Figura 3.2-3: Máximos absolutos de precipitação diária (24 horas) e sua data de ocorrência, para o período de 1933 a 2016.

Fonte: IAG/USP (2016).

Conti (1979), Ross (2001), Cabral (2002) e Xavier, Xavier e Dias (1994) relatam que as interferências antrópicas têm causado modificações no comportamento do clima na Região Metropolitana de São Paulo. Entre essas alterações estão o desaparecimento da famosa “garoa” de São Paulo e o aumento dos índices pluviométricos.

Conti (1979) analisou as antigas normais pluviométricas da Estação do Mirante de Santana, localizada na região Norte do Município de São Paulo e demonstrou que a pluviosidade média anual era de 1.396 mm no período entre 1947 e 1956 e passou para 1.459 mm no período entre 1967 a 1976. Suspeita-se que essas variações foram decorrentes da mudança de temperatura, cuja média anual passou de 17,6°C para 19°C, e os resíduos sólidos no ar tiveram significativa contribuição. O aumento da temperatura no centro urbano também causou a diminuição dos nevoeiros, e contribuiu para a concentração das chuvas no verão.

De acordo com o Boletim Climatológico Anual do IAG (2016), na Estação Meteorológica IAG-USP, localizada na montante da bacia do Córrego Ipiranga, para o período entre 1933 a 2016 houve aumento de 507,1mm no

total anual de precipitação. Em relação à evolução da temperatura média anual, durante o período de 1933-1960 constatou-se um aumento de aproximadamente 0,8°C. No período de 1961-1990 a temperatura média também aumentou 0,8°C. Considerando-se todo o período de dados, constata-se um aumento de 2,3°C.

Pereira Filho et al. (2007) também avaliaram os dados do Posto do IAG e observaram que em 70 anos (1936 a 2005) houve mudanças significativas: um aumento de 395 mm de precipitação e de 2,1°C na temperatura do ar, além de decréscimo da umidade relativa em 7%. Citam que na década de 1970 ocorreu uma mudança sazonal, com variações na pressão mínima diária, com mínimas relativas no período de inverno e máximas relativas na primavera e verão, além de queda na insolação diária e aumento significativo da precipitação, principalmente no período chuvoso. Os autores sugerem que as mudanças climáticas sejam de origem antrópica regional e global. A primeira das causas seria gerada pela diminuição das áreas vegetadas, expansão urbana horizontal e vertical e aumento da poluição do ar, que produzem as ilhas de calor. Constataram um núcleo de precipitação de até 650 mm sobre o centro urbano e 300 mm nas áreas periféricas no mesmo período. A segunda causa, menos significativa, deve-se ao efeito dos impactos globais dos gases do efeito estufa.

Ferreira e Amaral (2017) verificaram que os eventos acima de 60 mm em 24 horas também aumentaram a partir dos anos 2000. Observou-se que a partir da década de 1940 as chuvas tornaram-se mais intensas no local, com a ocorrência de diversos e frequentes eventos acima de 60 mm em 24 horas. A partir da década de 1960 passam a ocorrer mais episódios de chuvas intensas superiores a 80 mm/dia, e, nesse mesmo período, houve pelo menos uma chuva maior que 120 mm/dia em cada década (Figura 3.2-4).

Figura 3.2-4: Totais diários de pluviosidade superior a 30 mm nas décadas entre 1930 e 2000, em intervalos de 30, 40, 60, 80, 100 e 120mm.

Org.: Amaral (2018). Fonte dos dados: IAG/USP (2016).

De acordo com os dados do DAEE (2012), os eventos de chuvas intensas na RMSP com totais médios acima de 60 mm e pontuais acima de 100 mm são agravantes para diversos pontos de inundação.

Xavier, Xavier e Dias (1994), também avaliaram os dados da Estação Meteorológica E3-035, mas referentes ao período entre 1933 e 1986. Os autores ponderam que as mudanças na precipitação diária podem ocorrer devido ao efeito local, induzidas pela urbanização, ou devido a uma causa climática de escala global, ou à sobreposição de ambos. Destacam que os primeiros anos de coleta de dados da estação refletiam a situação de uma área periférica, que foi gradualmente modificada pela ocupação antrópica no entorno do parque. Portanto, os dados pluviométricos são mais suscetíveis de acusarem, ao longo de sua evolução temporal, alterações atribuíveis à influência do meio urbano. No caso das maiores pluviosidades terem aumentado no verão, atribuem que são devidas à permanência da ZCAS (Zona

de Convergência do Atlântico Sul) nesse período do ano. Outra explicação de caráter climático para a anomalia positiva de pluviosidade em São Paulo nos meses de maio e junho seria a presença do El Niño com maior frequência nas décadas recentes.

Tavares e Silva (2008) também ressaltam que as configurações topográficas das bordas do Planalto Atlântico, aliadas ao efeito da ilha de calor nas áreas metropolitanas (XAVIER, XAVIER e DIAS, 1994), acarretam chuvas abundantes e concentradas no período de verão.

Zilli et al. (2017) avaliaram os eventos chuvosos na Região Sudeste do Brasil e também constataram o aumento na quantidade de dias com precipitação e na intensidade e frequência dos eventos extremos de chuva. Os registros identificaram que a variação nos padrões acontece, particularmente, próxima aos principais centros urbanos.

Salvadore, Bronders e Batelaan (2015) citam que estudos em diferentes países constataram o aumento da pluviosidade em áreas urbanas, comparando as condições pré e pós urbanização, e concluíram que o aumento da precipitação foi em cerca de 5 a 15%. Entretanto, ainda há incertezas a respeito de quais fatores de escala local teriam interferido mais diretamente nessa mudança. Entre os principais fatores estão as modificações no uso da terra, as alterações nos padrões de rugosidade da superfície, devido à urbanização e a poluição atmosférica.

3.3 VARIÁVEL 3: HISTÓRICO DE EVENTOS DE INUNDAÇÕES

Os dados analisados são baseados em Santos e Amaral (2017) e dados do arquivo do SAISP. A organização desses dados visou constatar com que frequência e magnitude as inundações ocorrem na bacia.

Os veículos de comunicação consultados apresentaram dados com diferentes graus de detalhamento das notícias, e, portanto, alguns não puderam ser utilizados na análise por falhas na localização da área ou identificação exata da natureza da ocorrência do evento (inundação, alagamento ou enxurrada). Dentre as notícias encontradas, alguns eventos de inundação foram relatados por mais de um meio de comunicação, e, portanto, o registro referente à data foi complementado e unificado. De acordo com o impacto causado pela inundação para o trânsito e população local, houve um maior ou menor detalhamento no texto das notícias.

A compilação dos dados coletados mostra que a quantidade de informações sobre as inundações na bacia do Córrego Ipiranga vem aumentando nas últimas décadas. A maior veiculação de notícias pela mídia pode ser devido ao impacto das inundações na dinâmica de circulação e economia local.

No total foram registradas 82 ocorrências de inundação no período entre 1960 e 2017. Não foram encontradas informações anteriores a esse período (Figura 3.3-1).

Figura 3.3-1: Quantidade de notícias de inundação na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, por décadas.

Org.: Amaral (2019)

Para avaliar a evolução dos pontos de inundação na bacia, inicia-se o histórico pela década de 1930, onde os pontos de inundação foram considerados como as áreas discriminadas no “Mappa Topographico do Município de São Paulo”, do Sara Brasil (1930) como áreas de brejos, ou áreas constantemente inundadas. Esse é o registro mais antigo dentre os materiais obtidos. Nesse período, não havia ocupação nas proximidades das áreas inundáveis (Figura 3.3-2).

A partir da década de 1960, os locais de ocorrência de inundação foram definidos a partir das notícias, que foram relacionadas e detalhadas no **Anexo 2**. Os dados que permitiram localizar os pontos foram espacializados por período (décadas) e recorrências.

Os toponímios e os endereços dos pontos localizados nas Figuras 3.3-5 a 3.3-8 são identificados na Figura síntese 3.3-11.

As notícias da década de 1960 descrevem inundação na porção jusante do Córrego Ipiranga, que à época já apresentava ocupação adensada.

As matérias também citam obras em andamento ao longo do Córrego Ipiranga, provavelmente relacionadas à construção das avenidas marginais e retificação do Córrego. A recorrência incide em períodos menores que um ano e o nível de atingimento da água nas residências e comércios é de até 1,5m. Entretanto, estima-se que os pontos de inundação demarcados no Mapa do Sara Brasil (1930) permaneciam ativos, pois as áreas de brejo não apresentavam ocupações próximas (Figura 3.3-3).

As notícias da década de 1970 relatam ocorrências na porção jusante, próximo à foz do Córrego Ipiranga no Rio Tamanduateí. Foram citados danos relacionados à cerca de 150 famílias desabrigadas e trânsito obstruído por quase 12 horas nas proximidades da Av. Teresa Cristina, com nível de atingimento da água maior que 1,2m (Figura 3.3-4).

Figura 3.3-2: Pontos de ocorrência de inundação na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, na década de 1930, de acordo com Sara Brasil (1930).

Figura 3.3-3: Pontos de ocorrência de inundação na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, na década de 1960, de acordo com Sara Brasil (1930) e notícias consultadas.

Figura 3.3-4: Pontos de ocorrência de inundação na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, na década de 1970, de acordo com as notícias consultadas.

Na década de 1980, as notícias relatam inundações na porção jusante, nas proximidades da Av. Teresa Cristina e Praça do Monumento, com cerca de 60 pessoas desabrigadas. As ocorrências das inundações foram registradas no início da década (Figura 3.3-5).

A partir da década de 1990, a quantidade de notícias relacionadas às inundações no Córrego Ipiranga aumentam consideravelmente e passam a se localizar, além dos pontos de jusante, também em médio curso. O ano de 1996 apresentou 4 recorrências em um período de 2 meses e foram relatados danos relativos à interrupção do trânsito, prejuízos em residências e indústria e cerca de 16 mil pessoas sem energia elétrica (Figura 3.3-6).

Desde a década de 2000, além das notícias de jornais, são relacionadas também as ocorrências registradas pelo Centro de Gerenciamento de Emergências da Prefeitura do Município de São Paulo (CGE-PMSP), com início em 2007. Esse período apresenta mais pontos de inundação no médio curso do Córrego, além de episódios recorrentes. As notícias relatam uma morte, carros arrastados pela força da água e nível de atingimento da água maior que 2m de altura (Figura 3.3-7).

Na década de 2010 constata-se notável aumento dos pontos de inundação, que passam a ser mais críticos no médio curso, mas permanecendo as ocorrências nos pontos a jusante. As notícias relatam danos em residências e comércios, carros submersos e arrastados pelas águas, bairros sem energia elétrica, além de trânsito interrompido por horas. Em alguns eventos o nível de atingimento da água maior que 1,6m de altura. A partir dessa década também se incorporam à análise os dados do SAISP/DAEE/FCTH, que registrou 11 episódios de inundação do Córrego Ipiranga na altura da Praça Leonor Kaupa (Figura 3.3-8).

Figura 3.3-5: Pontos de ocorrência de inundação na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, na década de 1980, de acordo com as notícias consultadas.

Figura 3.3-6: Pontos de ocorrência de inundação na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, na década de 1990, de acordo com as notícias consultadas.

Figura 3.3-7: Pontos de ocorrência de inundação na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, na década de 2000, de acordo com as notícias consultadas.

Figura 3.3-8: Pontos de ocorrência de inundação na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, na década de 2010, de acordo com as notícias consultadas, dados do CGE e do SAISP.

Dessa forma, observa-se que foram identificados 7 pontos de inundação (brejos) na década de 1930, a partir do mapa do Sara Brasil. Com as informações obtidas pelas notícias de jornal, na década de 1960 são identificadas ocorrências em mais 3 locais, em outros 5 locais na década de 1970, 4 pontos na década de 1980, e mais 4 na década de 1990. Com a incorporação dos dados de CGE e SAISP, outros 6 pontos são identificados na década de 2000 e passam para 24 pontos de inundação ativos na bacia na década de 2010.

Os dados do CGE referentes ao período entre 2007 e 2016 mostram registros de 85 ocorrências de inundações na Bacia do Córrego Ipiranga, e a melhoria na qualidade da informação permitiu classificar as vias afetadas como pontos transitáveis e intransitáveis (Figura 3.3-9).

Em alguns casos, o mesmo evento chuvoso afetou diversos cruzamentos das ruas transversais com as avenidas principais e foram cadastrados pelo CGE como ocorrências diferentes, o que causou uma grande quantidade de registros.

Figura 3.3-9: Quantidade de ocorrências de inundação na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, no período entre 2007 e 2016, de acordo com os dados do CGE.

Org.: Amaral (2018), Fonte dos dados: CGE (2017)

De acordo com a correlação dos dados das notícias dos jornais e do CGE, os locais mais afetados pelas inundações são as principais avenidas da região, localizadas às margens do Córrego Ipiranga: Av. Teresa Cristina, Av. Prof. Abraão de Moraes e Av. Dr. Ricardo Jafet e os cruzamentos com outras vias de ligação aos bairros. Alguns desses pontos apresentaram recorrências de mais de 10 eventos de inundação em um período de 10 anos (Figura 3.3-10).

A partir da correlação entre as notícias de jornais e dos registros do CGE e SAISP, foram identificados 31 pontos de inundação, conforme Figura 3.3-11. Esses eventos ocorreram pelo menos 1 vez desde a década de 1960 até 2017, totalizando 82 eventos.

Figura 3.3-10: Quantidade de ocorrências de inundação por locais afetados, na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, no período entre 2007 e 2016, de acordo com os dados do CGE.

Legenda dos locais:

- 1 Av. Prof. Abraão de Moraes c/ Av. Bosque da Saúde
- 2 Av. Prof. Abraão de Moraes c/ Rua Elisa Silveira
- 3 Av. Prof. Abraão de Moraes c/ Rua Ribeiro Lacerda
- 4 Av. Prof. Abraão de Moraes c/ Rua Frei Rolim
- 5 Av. Prof. Abraão de Moraes c/ Rua Francisco Tapajós
- 6 Av. Prof. Abraão de Moraes c/ Pça Leonor Kaupa
- 7 Av. Prof. Abraão de Moraes c/ Rua Catulo da Paixão Cearense
- 8 Av. Prof. Abraão de Moraes c/ Rua Gen. Chagas Santos
- 9 Av. Prof. Abraão de Moraes c/ Rua Ibirarema
- 10 Av. Prof. Abraão de Moraes c/ Rua Fagundes Filho
- 11 Av. Prof. Abraão de Moraes c/ Rua Artur Thiré
- 12 Av. Prof. Abraão de Moraes c/ Av. Miguel Stéfano
- 13 Av. Dr. Ricardo Jafet c/ Viad. Saioá
- 14 Av. Tereza Cristina c/ Rua Tabor
- 15 Pça do Monumento
- 16 Av. Dom Pedro I c/ Rua Tabor
- 17 Av. Tereza Cristina c/ Av. do Estado

Org.: Amaral (2018), Fonte dos dados: CGE (2017)

Figura 3.3-11: Pontos de inundação e quantidade de ocorrências por local na Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, identificados a partir das notícias de jornais e fontes oficiais, no período entre 1960 e 2017.

3.4 VARIÁVEL 4: VARIAÇÃO DO NÍVEL DA ÁGUA NOS EVENTOS DE INUNDAÇÃO

Ao longo do Córrego Ipiranga encontram-se instalados dois postos fluviométricos: o posto P275, localizado no cruzamento da Rua Cel. Diogo com Av. Dr. Ricardo Jafet, à jusante da bacia e o posto P563, localizado no médio curso, próximo à Praça Leonor Kaupa e Shopping Plaza Sul, conforme Figura 3.4-1.

Esses postos fazem parte da Rede Telemétrica da Bacia do Alto Tietê, e tem como função o monitoramento por órgãos públicos oficiais como o SAISP e o CGE, em tempo real, de informações hidrológicas para o gerenciamento de situações de emergência.

Os dados obtidos dos dois postos fluviométricos foram séries de medições curtas e inconsistentes.

Figura 3.4-1: Localização dos Postos Fluviométricos na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.

Os dados do posto P275, à jusante, apresenta a maior série de dados, compreendidos entre 2007 e 2017 (Figura 3.4-2).

Figura 3.4-2: Fluviometria do Posto P275, na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.

Org.: Amaral (2018). Fonte dos dados: SAISP (2018).

Os dados mostram que a partir de 2011 a altimetria mínima da lâmina de água ficou próximo à linha da média, que corresponde a 728m nos dias sem pluviosidade.

Os dados de mínima registrados anteriormente a esse período (2011) apresentam anomalias. Não foram encontradas informações de que as mudanças na altimetria estejam relacionadas com intervenções estruturais no trecho, o que sugere uma falha de registro ou do equipamento. Pode-se observar também que os períodos de maior pluviosidade (primavera e verão) se refletem na elevação e alguns picos do nível d'água.

A linha de tendência, levemente positiva, mostra que no período de 10 anos não houve alteração significativa na altimetria da lâmina d'água nesse trecho.

De acordo com as informações do SAISP, os limiares para essa porção da bacia são determinados quando a lâmina d'água atinge determinadas altitudes e acionam ações de monitoramento por meio dos órgãos públicos, conforme a Tabela 3.4-1.

Tabela 3.4-1- Nível da lâmina d'água e ação de monitoramento para o posto P275.

Posto P275 – Rua Cel. Diogo	
Nível da lâmina d'água (m)	Ação de monitoramento
730,75	Atenção
731,20	Alerta
731,65	Emergência
732	Extravasamento

Org.: Amaral (2018). Fonte dos dados: SAISP (2018).

A Figura 3.4-3 apresenta, ao longo do período amostrado, a frequência com que o local registrou eventos de inundação, que ocorre a cada vez que o nível fluviométrico ultrapassou a linha roxa (extravasamento). Nesse período foram registrados 4 extravasamentos, nas datas de 21/01/2010, 16/02/2011, 21/02/2011 e 09/03/2013.

Figura 3.4-3: Fluviometria do Posto P275 e níveis de monitoramento no local, na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.

Org.: Amaral (2018). Fonte dos dados: SAISP (2018).

O posto P563, no médio curso, apresenta registros a partir de 2014 (Figura 3.4-4).

Os dados mostram que a altimetria da lâmina de água oscilou em relação à linha da média, e, de acordo com a linha de tendência, aumentou consideravelmente ao longo dos 3 anos de análise, de 2014 a 2017.

A altimetria mínima durante o período entre setembro e dezembro de 2015 apresenta anomalia nos dados coletados. Não foram encontradas informações de que as mudanças na altimetria estejam relacionadas com intervenções estruturais no trecho, o que sugere uma falha de registro ou do equipamento.

A altitude média corresponde a 745m nos dias sem pluviosidade. Pode-se observar também que os períodos de maior pluviosidade (primavera e verão) se refletem na elevação do nível d'água.

Figura 3.4-4: Fluviometria do Posto P563 do DAEE, na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.

Org.: Amaral (2018). Fonte dos dados: SAISP (2018).

De acordo com as informações do SAISP, os limiares para essa porção da bacia são quando a lâmina d'água atinge determinadas altitudes, que acionam ações de monitoramento, conforme a Tabela 3.4-2.

Tabela 3.4-2- Nível da lâmina d'água e ação de monitoramento SP para o posto P563.

Posto P563 – Praça Leonor Kaupa	
Nível da lâmina d'água (m)	Ação de monitoramento
747,43	Atenção
747,83	Alerta
748,23	Emergência
748,63	Extravasamento

Org.: Amaral (2018). Fonte dos dados: SAISP (2018).

A Figura 3.4-5 demonstra, ao longo do período amostrado, a frequência em que o local registrou eventos de inundação. Observa-se que a quantidade

de vezes que o nível fluviométrico ultrapassou a linha roxa (extravasamento) é bastante relevante quando comparado às medições do Posto P275. Nesse período foram registrados 16 extravasamentos: em 2015, nas datas de 05 e 22/12; em 2016, nas datas de 27/01, 15, 17, 19 e 21/02, 09/03, 06/06 e 21/12; em 2017, nas datas de 02, 17, e 21/01, 24/02, 07 e 21/04.

Figura 3.4-5: Fluviometria do Posto P563 e níveis de monitoramento no local, na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.

Org.: Amaral (2018). Fonte dos dados: SAISP (2018).

Para complementar as informações e melhorar a qualidade da análise, uma vez que os dados coletados dos postos abrangem uma parte da bacia, foram aplicadas entrevistas nas áreas pré-identificadas a partir do histórico de eventos (Cap. 3.3), como sujeitas à inundação.

Foram aplicadas no total 83 entrevistas, sendo 38 para moradores e 45 para responsáveis por comércio, serviço ou indústrias nos locais (SANTOS; AMARAL, 2019).

Os dados coletados possibilitaram espacializar a magnitude das inundações na bacia (Figura 3.4-6) e caracterizar a altura da lâmina d'água em cada um dos trechos atingidos (Figura 3.4-7).

Os dados apurados indicam alguns trechos sujeitos a inundação, e não uma faixa contínua ao longo do Córrego Ipiranga, conforme dados apresentados em estudo anterior da PMSP, demonstrados na Figura 1.3.2-4 (Cap. 1.3.2).

Os questionários foram analisados de acordo com as características das áreas e divididos em 4 trechos distintos.

O trecho 1, onde foram realizadas 26 entrevistas, identificado na Figura 3.4-6, caracteriza-se por bairro com muitas residências de baixo padrão, e população predominantemente de baixa renda, na região da Av. Tereza Cristina. O uso é variado entre comércios de pequeno porte, pensionatos, quartos de aluguel e algumas indústrias. Os habitantes mais antigos relatam inúmeros eventos ao longo das últimas décadas e perdas financeiras de grande porte, superiores a 10 salários mínimos. No caso das indústrias e comércios, além da perda de estoque e bens, foram relatados prejuízos decorrentes da paralisação das atividades em função de limpeza e reposição dos materiais, com prejuízos acima de 10 salários mínimos. A maioria dos imóveis ao longo da Av. Teresa Cristina e ruas transversais apresentam portões fechados do tipo “comportas”, instalados pelos proprietários em função das recorrências de eventos de inundações. De acordo com os entrevistados, em alguns eventos o nível da água superou os 2 m de altura e no evento mais crítico a água levou cerca de 12 horas para retornar ao nível normal. Utilizando a categorização proposta por Schroeder et al. (2016), conforme a Tabela 2.1-4, a severidade das inundações nesse trecho pode ser classificada como catastrófica, de acordo com o tipo de impacto verificado.

Algumas evidências do evento de inundação do Córrego Ipiranga ocorrido em março de 2019, meses antes da aplicação das entrevistas, estão registrados nas Figuras 3.4-8 a 3.4-11.

Figura 3.4-6: Áreas afetadas por inundações, de acordo com a aplicação de entrevistas semiestruturadas, na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.

Figura 3.4-7: Altura do atingimento do nível da água nas áreas afetadas por inundações, de acordo com a aplicação de entrevistas semiestruturadas, na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.

Figura 3.4-8: Galpão industrial localizado no Trecho 1, atingido pela inundação em março de 2019. A seta vermelha indica o nível do atingimento, cerca de 1,2 m. Proprietário relata prejuízos de cerca de R\$ 800 mil em perdas de estoque e bens, além da paralisação das atividades por 15 dias.

Foto: Amaral, R. (2019).

Figura 3.4-9: Área interna de residência localizada no Trecho 1, atingida pela inundação em março de 2019. A seta vermelha indica o nível do atingimento, cerca de 2 m. Proprietária relata perda de todos os móveis do andar térreo.

Foto: Amaral, R. (2019).

Figura 3.4-10: Área externa de residência localizada no Trecho 1, atingida pela inundação em março de 2019. A seta vermelha indica o nível do atingimento, cerca de 1,8 m em relação ao nível da rua. Proprietária relatou poucos prejuízos devido ao imóvel estar localizado em cota elevada e possuir comporta na entrada principal (seta azul).

Foto: Amaral, R. (2019).

Figura 3.4-11: Galpão industrial localizado no Trecho 1, atingido pela inundação em março de 2019. A seta vermelha indica o nível do atingimento, cerca de 2 m.

Foto: Amaral, R. (2019).

O trecho 2, onde foram realizadas 18 entrevistas, caracteriza-se por bairro de classe média e com ocupação antiga. Entretanto, muitos imóveis ao longo da Av. Dr. Ricardo Jafet estão fechados, com placas para alugar ou vender. O comércio local também é bem dinâmico, com mudanças de uso e ocupação recentes (últimos anos ou meses). Os relatos dos entrevistados demonstram que nos últimos anos as inundações não atingiram os imóveis, apenas se concentraram nas pistas da avenida. Ainda assim, grande parte dos imóveis ainda mantiveram seus portões tipo “comportas”. Os moradores e comerciantes mais antigos relataram que as inundações alcançaram mais de 1,2m de altura e prejuízos financeiros entre 5 e 10 salários mínimos em períodos anteriores à última inundação, que, de acordo com os relatos, foi em 2004. Após esse período, foram realizadas obras para a ampliação do canal e aprofundamento do leito e, desde então, as inundações não atingem mais do que 0,4m de altura (da lâmina d’água no entorno do Córrego, apenas na pista da Av. Dr. Ricardo Jafet sentido Parque da Independência). Dessa forma, atualmente não se caracterizam impactos devido às inundações.

Figura 3.4-12: Residências localizadas no Trecho 2. Embora atualmente não sejam atingidas pelas inundações, mantiveram seus portões do tipo comportas.

Foto: Amaral, R. (2019).

O trecho 3, onde foram realizadas 7 entrevistas, caracteriza-se por área predominantemente comercial. Os entrevistados relataram que apenas as pistas da Av. Dr. Ricardo Jafet são atingidas pelas inundações, e, portanto, não causam danos financeiros, exceto os prejuízos relacionados à baixa clientela nos períodos chuvosos. A maior parte dos imóveis fica acima do nível da avenida, de forma que as águas chegam aos degraus ou rampas de acesso. Aparentemente a questão está mais ligada às deficiências no sistema de drenagem do que às inundações do Córrego Ipiranga. De acordo com a Tabela 2.1-4, a severidade das inundações nesse trecho pode ser classificada como moderada, de acordo com o tipo de impacto verificado.

Figura 3.4-13: Comércio em cota elevada em relação às pistas da Av. Dr. Ricardo Jafet. Seta indica entrada da loja.

Foto: Amaral, R. (2019)

O trecho 4, onde foram realizadas 32 entrevistas, é a área atualmente mais atingida em quantidade de recorrências. Também apresenta predomínio da atividade comercial. Embora a maioria dos imóveis não seja atingida internamente pelas águas da inundação, pois estão alteados em relação à avenida, muitos entrevistados relatam prejuízos relacionados à impossibilidade

de acesso dos clientes aos estabelecimentos durante e depois dos eventos chuvosos. As ruas e avenidas que são transversais apresentam rebaixamento nas proximidades com os cruzamentos com a Av. Prof. Abraão de Moraes, que tem o aterro de sua pista mais alto do que o nível de base local (Figura 3.4-14). Dessa forma, além das águas da inundação, ocorrem locais com acúmulo de água por estarem abaixo do nível da avenida, configurando alagamentos. Essas áreas rebaixadas ocorrem dos dois lados da avenida e em ruas paralelas. Além do acúmulo de água nesses locais, após o final do evento chuvoso, o Córrego leva cerca de 1 hora para retornar ao nível habitual e nesses locais são relatados prejuízos superiores a 10 salários mínimos. Foram relatados episódios em que veículos foram atingidos e arrastados pelas águas. De acordo com a Tabela 2.1-4, a severidade das inundações nesse trecho pode ser classificada como severa, de acordo com o tipo de impacto verificado.

Figura 3.4-14: Vista a partir da Rua General Chagas Santos, cruzamento com a Av. Prof. Abraão de Moraes, no Trecho 4. Observa-se o desnível das ruas transversais em relação ao aterro da Avenida às margens do Córrego Ipiranga.

Foto: Amaral, R. (2019)

Dessa forma, conforme Figura 3.4-7, as inundações ocorrem de forma mais impactante no trecho de jusante do Córrego, pois a altura do atingimento da água nos eventos extremos é maior, causando maiores prejuízos e vulnerabilidade social. Nos trechos de médio curso, embora apresente maiores recorrências (Cap. 3.3), o atingimento em altura da lâmina d'água é menor e o escoamento é mais rápido.

3.5 VARIÁVEL 5: GRAUS DE IMPERMEABILIZAÇÃO

A partir da caracterização da área de estudos e dos dados adquiridos de mapas, aerofotos e imagens de satélite em análise multitemporal, observou-se que em paralelo ao crescimento populacional, ocorreu o aumento das áreas construídas e, portanto, impermeabilizadas na área da bacia. Essa evolução pode ser observada com os dados dispostos na Tabela 3.5-1.

Tabela 3.5-1: Relação percentual entre as áreas construídas e áreas permeáveis na Bacia do Córrego Ipiranga no período entre 1930 e 2017.

Ano	Área construída (%)	Área permeável (%)
1930	3,38	96,62
1940	19,69	80,31
1954	49,95	50,05
1958	55,40	44,60
1962	60,23	39,77
1994	79,44	20,56
2010	80,19	19,81
2017	80,39	19,61

Org.: Amaral (2018).

A Figura 3.5-1 apresenta o aumento das áreas construídas na bacia em relação ao período analisado (1930 a 2017).

Pode-se perceber que o adensamento urbano em 1930 se iniciou na parte norte, nos Bairros do Cambuci e Ipiranga, e noroeste, no Bairro da Vila Mariana e Saúde (Figura 3.5-1 (a)). Em 1940, o adensamento avança para os Bairros de Vila Monumento, Vila Clementino e Chácara Inglesa, nos distritos de Saúde e Ipiranga (Figura 3.5-1 (b))⁵ Nesse período a ocupação é caracterizada pelas construções de um pavimento em meio a áreas preservadas.

Nas décadas de 1950 (Figura 3.5-1 (c) e (d)) e 1960 (Figura 3.5-1 (e)), a urbanização avança em direção ao sul, onde estão localizados os Bairros do Jabaquara, São Judas, Firmiano Pinto, Bosque da Saúde, Vila Guarani e Água

⁵ A localização dos bairros descritos pode ser consultada na Figura 1.4-1 (Cap. 1).

Funda. Nessa época, os bairros começam a se adensar no entorno do Aeroporto de Congonhas, que se localiza fora da bacia do Córrego Ipiranga, mas no bairro vizinho, Vila Congonhas. Nesse período o Aeroporto de Congonhas era o mais movimentado do país e um dos mais movimentados do mundo⁶.

A partir da década de 1990 ocorre uma estabilidade na expansão do adensamento urbano e o início da ocupação com características de verticalização. Isso ocorre porque os poucos fragmentos de áreas permeáveis restantes estão em áreas protegidas por parques (como o Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI) e o Parque do Monumento), ou em áreas de canteiros centrais de grandes avenidas (como a Avenida Afonso D'Escagnolle Taunay, acesso à Av. dos Bandeirantes, onde está canalizado em subterrâneo o Córrego Água Vermelha) ou em pequenas áreas verdes públicas. A partir desse período inicia-se o adensamento vertical dos espaços, com a construção de muitos prédios residenciais e comerciais (Figura 3.5-1 (f), (g) e (h)).

Essas áreas foram analisadas em detalhe, em intervalos de aproximadamente 30 anos, e apresentam os toponímios e localização dos bairros citados anteriormente. Também foram destacados fatos da época que contribuíram para adensamento em algumas regiões da bacia. Foram avaliadas as imagens de 1930, 1962, 1994 e 2017 (Figuras 3.5-2 a 3.5-5).

⁶ Conforme informação de <http://www.saopauloinfoco.com.br/o-aeroporto-de-congonhas/>, acesso em 25/08/2018.

Figura 3.5-1: Área de adensamento urbano na Bacia do Córrego Ipiranga: (a) 1930, (b) 1940, (c) 1954 e (d) 1958 (continua).

Figura 3.5-1: Área de adensamento urbano na Bacia do Córrego Ipiranga: (e) 1962, (f) 1994, (g) 2010 e (h) 2017 (conclusão).

Figura 3.5-2: Área de adensamento urbano na Bacia do Córrego Ipiranga em 1930

Figura 3.5-3: Área de adensamento urbano na Bacia do Córrego Ipiranga em 1962.

Figura 3.5-4: Área de adensamento urbano na Bacia do Córrego Ipiranga em 1994.

Figura 3.5-5: Área de adensamento urbano na Bacia do Córrego Ipiranga em 2017.

Para refinar a análise, foram escolhidas 4 áreas amostrais ao longo da bacia, com cerca de 250 km² de área cada. Essas amostras foram avaliadas a partir da aplicação do método BAF (*Biotope Area Factor*) em relação à evolução do coeficiente de permeabilidade em intervalos de cerca de 30 anos, conforme as aerofotos e imagens de 1930, 1962, 1994 e 2017 em escala 1:4.000 (Figura 3.5-6).

Os fatores de ponderação de permeabilidade por superfície e o coeficiente de permeabilidade foram definidos conforme a Tabela 2.1-3.

Apesar do método BAF avaliar a função da permeabilidade de superfícies, contemplando a utilização de telhados verdes ou jardins e muros que promovam a captação das águas da chuva, pela escala definida para as amostras selecionadas, na escala definida somente foi possível diferenciar as superfícies impermeabilizadas (construídas ou asfaltadas e concretadas) das áreas verdes ou com solo exposto.

Para a identificação de todos os tipos de superfície de acordo com sua função de permeabilidade seria necessário tomar como amostra áreas menores, como um quarteirão ou equivalente, e promover avaliação de campo para classificar cada uma das propriedades. Pelo detalhe necessário, esse tipo de estudo não pode ser feito por análise de imagens.

Essa escala de detalhe não foi aplicada no âmbito desse trabalho por não ser representativo para a avaliação da bacia hidrográfica como um todo, mas poderia ser empregado em análise de algumas sub-bacias.

Figura 3.5-6: Localização das áreas amostrais na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.

A área amostral 1 (Figura 3.5-7), localizada na jusante da bacia, já era a área mais ocupada em 1930, dentre as áreas amostrais. A ocupação é densa, predominantemente horizontal, com uso bastante diversificado, com presença de indústrias e galpões e algumas casas de baixo padrão construtivo.

Figura 3.5-7: Área amostral 1 em imagem de alta resolução World View (2017).

Org.: Amaral (2019).

Ao longo das décadas percebeu-se a diminuição das áreas permeáveis, porém o coeficiente se manteve praticamente igual desde a

década de 1960, devido à presença da arborização no canteiro central das pistas da Av. Dom Pedro I (Tabela 3.5-2 e Figura 3.5-8). O índice BAF em 2017 é de apenas 0,08.

Tabela 3.5-2: Coeficiente de permeabilidade – Área 1

Uso da terra	Área (m²)	%	Fator de ponderação de permeabilidade por superfície	Coeficiente de permeabilidade	BAF
1930					
Área construída	9563	3,82	Impermeável	0	0,82
Arruamento em terra/paralelepípedo	51091	20,40	Parcialmente impermeável	0,3	
Curso d'água	7377	2,95	Permeável	1	
Lotes sem construção	182376	72,83	Permeável	1	
Total	250407	100,00			
1962					
Área construída	232741	92,96	Impermeável	0	0,07
Área verde	10258	4,10	Permeável	1	
Curso d'água	7377	2,95	Permeável	1	
Total	250376	100,00			
1994					
Área construída	233106	93,10	Impermeável	0	0,07
Área verde	11050	4,41	Permeável	1	
Curso d'água	6219	2,48	Permeável	1	
Total	250375	100,00			
2017					
Área construída	230574	92,09	Impermeável	0	0,08
Área verde	12242	4,89	Permeável	1	
Curso d'água	7559	3,02	Permeável	1	
Total	250375	100,00			

Org.: Amaral (2019)

Figura 3.5-8: Coeficientes de permeabilidade da Área 1

Org.: Amaral (2019)

A área 2 (Figura 3.5-9) apresenta uso predominantemente residencial com prédios de alto padrão construtivo, com inserção de alguns comércios e serviços. Essa área ainda não apresentava ocupação urbana em 1930.

Figura 3.5-9: Área amostral 2 em imagem de alta resolução World View (2017).

Org.: Amaral (2019).

Entre as áreas amostrais, esta se manteve com as taxas de permeabilidade mais altas ao longo do período analisado. Atualmente as áreas

permeáveis se resumem em pequenas praças e áreas verdes dos condomínios (Tabela 3.5-3 e Figura 3.5-10).

Tabela 3.5-3: Coeficiente de permeabilidade – Área 2

Uso da terra	Área (m²)	%	Fator de ponderação de permeabilidade por superfície	Coeficiente de permeabilidade	BAF
1930					
Área construída	175	0,07	Impermeável	0	0,98
Área verde	18655	7,35	Permeável	1	
Arruamento em terra/paralelepípedo	6399	2,52	Parcialmente permeável	0,3	
Lotes sem construção	228630	90,06	Permeável	1	
Total	253859	100,00			
1962					
Área construída	122134	48,11	Impermeável	0	0,52
Área verde	10588	4,17	Permeável	1	
Lotes sem construção	121161	47,72	Permeável	1	
Total	253883	100,00			
1994					
Área construída	190099	74,87	Impermeável	0	0,25
Área verde	14833	5,84	Permeável	1	
Lotes sem construção	48978	19,29	Permeável	1	
Total	253910	100,00			
2017					
Área construída	244990	96,46	Impermeável	0	0,04
Área verde	8998	3,54	Permeável	1	
Total	253988	100,00			

Org.: Amaral (2019)

Figura 3.5-10: Coeficientes de permeabilidade da Área 2

Org.: Amaral (2019)

A área 3 (Figura 3.5-11) apresenta uso predominantemente residencial, com casas de médio a baixo padrão construtivo, e já apresentava os arruamentos na década de 1930. Hoje a área está no início do processo de verticalização.

Figura 3.5-11: Área amostral 3 em imagem de alta resolução World View (2017).

Org.: Amaral (2019).

Desde a década de 1990 apresenta densa ocupação urbana, sem espaço para áreas verdes. O índice BAF de 2017 é 0,00, ou seja, apresenta total de escoamento superficial e direcionamento por condutos em períodos de chuva. A qualidade de vida nessas áreas também é de padrão considerado inadequado, pois concentra calor e poluição do ar (Tabela 3.5-4 e Figura 3.5-12).

Tabela 3.5-4: Coeficiente de permeabilidade – Área 3

Uso da terra	Área (m²)	%	Fator de ponderação de permeabilidade por superfície	Coeficiente de permeabilidade	BAF
1930					
Área construída	3252	1,30	Impermeável	0	0,90
Arruamento em terra/paralelepípedo	31598	12,60	Parcialmente permeável	0,3	
Lotes sem construção	215926	86,10	Permeável	1	
<i>Total</i>	<i>250776</i>	<i>100,00</i>			
1962					
Área construída	138746	55,33	Impermeável	0	0,45
Lotes sem construção	112033	44,67	Permeável	1	
<i>Total</i>	<i>250779</i>	<i>100,00</i>			
1994					
Área construída	244228	97,39	Impermeável	0	0,03
Lotes sem construção	6550	2,61	Permeável	1	
<i>Total</i>	<i>250778</i>	<i>100,00</i>			
2017					
Área construída	250192	99,77	Impermeável	0	0,00
Lotes sem construção	586	0,23	Permeável	1	
<i>Total</i>	<i>250778</i>	<i>100,00</i>			

Org.: Amaral (2019)

Figura 3.5-12: Coeficientes de permeabilidade da Área 3

Org.: Amaral (2019)

A área 4 (Figura 3.5-13) apresenta uso predominantemente residencial, com casas de médio padrão construtivo.

Figura 3.5-13: Área amostral 4 em imagem de alta resolução World View (2017).

Org.: Amaral (2019)

Essa área também apresentou rápida expansão urbana, demonstrada pelos baixos índices BAF na década de 1960. Desde então a urbanização se

expandiu nos lotes desocupados, restando atualmente áreas verdes em praças e áreas verdes públicas (Tabela 3.5-5 e Figura 3.5-14).

Tabela 3.5-5: Coeficiente de permeabilidade – Área 4

Uso da terra	Área (m²)	%	Fator de ponderação de permeabilidade por superfície	Coeficiente de permeabilidade	BAF
1930					
Arruamento em terra/paralelepípedo	35052	13,97	Parcialmente permeável	0,3	0,90
Lotes sem construção	215901	86,03	Permeável	1	
Total	250953	100,00			
1962					
Área construída	212112	84,46	Impermeável	0	0,16
Área verde	2703	1,08	Permeável	1	
Lotes sem construção	36330	14,47	Permeável	1	
Total	251145	100,00			
1994					
Área construída	241856	96,30	Impermeável	0	0,04
Área verde	8387	3,34	Permeável	1	
Lotes sem construção	902	0,36	Permeável	1	
Total	251145	100,00			
2017					
Área construída	242732	96,65	Impermeável	0	0,03
Área verde	8413	3,35	Permeável	1	
Total	251145	100,00			

Org.: Amaral (2019)

Figura 3.5-14: Coeficientes de permeabilidade da Área 4

Org.: Amaral (2019)

A síntese da análise das áreas amostrais pode ser visualizada na Tabela 3.5-6.

Tabela 3.5-6: Comparativo da evolução dos índices BAF nas áreas amostrais.

Ano/Área	Área 1	Área 2	Área 3	Área 4
1930	0,82	0,98	0,90	0,90
1962	0,07	0,52	0,45	0,16
1994	0,07	0,25	0,03	0,04
2017	0,08	0,04	0,00	0,03

Org.: Amaral (2019)

De acordo com o método BAF (*Biotope Area Factor* – Fator Biótopo de Área), nenhuma das áreas amostrais atualmente está em condições desejáveis de estabilidade ecológica (índices entre 0,3 e 0,6). Pelo histórico, desde a década de 1990 todas as áreas apresentaram um grau de impermeabilização acima do ideal.

Expandindo a análise amostral para o padrão de ocupação urbana na bacia do Córrego Ipiranga, com alto grau de impermeabilização, pode-se avaliar que há influência na velocidade e na quantidade do escoamento superficial, potencializando a ocorrência de áreas de inundação.

3.6 VARIÁVEL 6: INTERVENÇÕES NOS CURSOS D'ÁGUA

Além da evolução do adensamento urbano, podem ser constatadas diversas intervenções no Córrego Ipiranga, tanto em relação às suas margens e planície, quanto ao curso d'água em si.

O registro mais antigo que se identificou sobre os corpos d'água da região data de 1900, na Carta “Planta da Cidade de São Paulo – dos terrenos desapropriados para o seu abastecimento d'água”, em escala original 1:50.000 (Figura 3.6-1). Pode-se considerar esse como o traçado original do Córrego Ipiranga, uma vez que os demais rios da região, como o Rio Tamanduateí também é representado com seus meandros e áreas alagáveis.

Nesse registro, o Córrego Ipiranga aparece com diversas ramificações nas cabeceiras de seus afluentes, que foram sendo suprimidos ao longo dos anos, bem como alguns reservatórios de água para abastecimento público, como os lagos do antigo Parque do Estado, hoje Parque Estadual Fontes do Ipiranga (PEFI), o Tanque Velho, nas proximidades da Vila Gumerindo, e outras depressões alagáveis. Seu traçado, de forma geral, apresenta-se sinuoso, seguindo o padrão da maioria dos rios da região àquela época.

A existência de diversas áreas de brejos e alagadiços em seu curso original demonstra que sua planície com baixa declividade e o baixo gradiente do rio são características propícias ao acúmulo de água, condicionando o escoamento lento nos períodos de cheia.

A primeira intervenção no Córrego que se tem registro data do período entre 1910 e 1920, quando se concluiu a canalização a céu aberto no trecho jusante como parte das obras comemorativas do Centenário da Independência (Figura 3.6-2).

Figura 3.6-1: Extrato da Carta “Planta da Cidade de São Paulo – dos terrenos desapropriados para o seu abastecimento d’água”, em escala original 1:50.000, de 1900, com a delimitação aproximada da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga.

Fonte dos originais: Biblioteca do Instituto Geológico/SMA (2017)

Figura 3.6-2: Fotografias de obras para retificação do Riacho do Ipiranga, posteriores às obras dos jardins do Parque da Independência que são de 1907. Na primeira foto, ao fundo, o Museu Paulista, popularmente conhecido como Museu do Ipiranga.

Fonte: Acervo Fotográfico do Museu da Cidade de São Paulo. PMSP (2018).

Na década de 1930, além das intervenções no trecho próximo ao Parque da Independência, o trecho entre o bairro Chácara Inglesa e Bosque da Saúde, no médio curso, também apresentava retificação e cruzamentos em via sobre o Córrego (Figura 3.6-3 e 3.6-4).

Figura 3.6-3: Extrato do “Mappa Topographico do Município de São Paulo”, do Sara Brasil (1930), com trecho nas proximidades do Parque da Independência, na Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga no Município de São Paulo/SP.

Fonte: Carta nº 73/74, Sara Brasil (1930).

Figura 3.6-4: Extrato do “Mappa Topographico do Município de São Paulo”, do Sara Brasil (1930), com trecho próximo ao Bairro Chácara Inglesa, na Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga no Município de São Paulo/SP.

Fonte: Carta nº 73/74, Sara Brasil (1930).

Outra expressiva intervenção ocorreu nas décadas de 1960 e 1970, com a retificação e canalização aberta da extensão total do curso principal para a instalação da Avenida Água Funda em ambas as margens do Córrego, inaugurada em 1967. Hoje a avenida é denominada Av. Dr. Ricardo Jafet no trecho que inicia na Praça do Monumento até a Vila Gumercindo e denominada Av. Prof. Abraão de Moraes até o início da Rodovia dos Imigrantes (Figura 3.6-5).

Figura 3.6-5: Vista aérea das obras para abertura da Avenida Água Funda (atual Av. Dr. Ricardo Jafet), e retificação do Córrego Ipiranga, no trecho em que corta o bairro de Vila São José, vista tomada em direção ao bairro de Vila Monumento, 1970.

Fonte: Acervo Fotográfico do Museu da Cidade de São Paulo. PMSP (2018).

Na década de 1980 foram realizadas obras para ampliação do canal no trecho jusante, próximo à Praça do Monumento. No início da década de 1990 as obras seguiram em direção ao médio curso com início da recuperação das paredes da canalização aberta construída na década de 1960 e com a reconstrução de pontilhões para cruzamentos sobre o córrego. Entre 2006 e 2010 ainda foram realizadas outras 5 obras pontuais de contenção e recuperação de margens contratadas emergencialmente. Essas obras somente foram concluídas em 2013 e nesse intervalo de quase 30 anos foram gastos cerca de R\$ 114,6 milhões (valores não corrigidos)⁷.

Em 2016, um trecho em médio curso apresentou desmoronamento de uma das paredes laterais e rompimento de cruzamento sobre o córrego e necessitou de obras emergenciais.

Em 2017 se iniciaram as obras para contenção de inundações com a construção de um piscinão com dois compartimentos e capacidade de armazenamento de 200 mil m³ e desassoreamento da Lagoa Aliperti para reservatório de cheias com capacidade de armazenamento de 100 mil m³. As obras estão orçadas em R\$ 160 milhões⁸. A perspectiva de prazo é 2019.

A Figura 3.6-6 apresenta o histórico de obras no Córrego Ipiranga.

⁷ Fonte dos dados: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2011/03/29/avenida-historica-de-sao-paulo-sofre-com-enchentes-e-obras-ha-25-anos.htm>, acesso em 02/11/2018.

⁸ Fonte: <http://www.capital.sp.gov.br/noticia/prefeito-vistoria-obras-de-piscinao-no-corrego-ipuranga>, <http://jornalzonasul.com.br/corrego-ipuranga-piscinao/>, acesso em 15/11/2018.

Figura 3.6-6: Histórico de obras na Bacia do Córrego Ipiranga: (a) 1910 a 1920, (b) Década de 1930, (c) 1960 a 1970 e (d) Década de 1980 (continua).

Figura 3.6-6: Histórico de obras na Bacia do Córrego Ipiranga: (e) Década de 1990, (f) Década de 2000 e (g) Década de 2010 (conclusão).

Atualmente o canal principal do Córrego Ipiranga está retificado e canalizado em aberto na maior parte da sua extensão. Em suas cabeceiras à montante do curso d'água principal, os afluentes ainda permanecem preservados em seu estado e traçado natural, protegidos por estarem na área interna do PEFI. Ao longo da Rodovia dos Imigrantes e dos afluentes do médio curso, os trechos foram canalizados em dutos subterrâneos, e apenas a partir da Av. Prof. Abraão de Moraes, ao longo da Av. Dr. Ricardo Jafet, até sua foz na Av. Teresa Cristina a canalização é em canal aberto. Também em médio curso alguns pequenos trechos de afluentes surgem em superfície em meio aos prédios, até entrarem em novo trecho de canal subterrâneo e desaguar no curso d'água principal (Figura 3.6-7).

Os afluentes do curso d'água principal canalizados em subterrâneo receberam as seguintes denominações:

C1 – Córrego S/D⁹ em canalização subterrânea sob Rua Matizada (Figura 3.6-8);

C2 - Córrego S/D em canalização subterrânea sob Praça Manoel Rodrigues Sécio (Figura 3.6-9);

C3 - Córrego S/D em canalização subterrânea sob trecho urbanizado entre Rua da Imprensa e Rua Mário Vicente (Figura 3.6-10);

C4 – Córrego Chácara Monteiro, em canalização subterrânea sob Rua Pedro Campana (Figura 3.6-11);

C5 – Córrego Rodrigo Vieira, em canalização subterrânea sob a Rua Rodrigo Vieira (Figura 3.6-12);

C6 - Córrego S/D em canalização subterrânea sob trecho urbanizado próximo à Concessionária Renault, altura do nº 1.301 da Av. Dr. Ricardo Jafet (Figura 3.6-13);

C7 - Córrego S/D em canalização subterrânea sob Rua Debret (Figura 3.6-14);

C8 - Córrego S/D em canalização subterrânea sob Rua Maestro João Batista Julião (próximo à Concessionária Mercedes Benz) (Figura 3.6-15);

⁹ S/D – Sem denominação.

Figura 3.6-7: Condições atuais dos cursos d'água que compõem a Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.

Figura 3.6-8: C1 – Foz do Córrego S/D, sob Rua Martinada, no Córrego Ipiranga.

Foto: Amaral, R., 2018.

Figura 3.6-9: C2 - Córrego S/D, sob Praça Manoel Rodrigues Sécio, desaguando no Córrego Ipiranga.

Foto: Amaral, R., 2018.

Figura 3.6-10: C3 – Foz do Córrego S/D, sob trecho urbanizado entre Rua da Imprensa e Rua Mário Vicente

Foto: Amaral, R., 2018.

Figura 3.6-11: C4 – Foz do Córrego Chácara Monteiro, sob Rua Pedro Campana

Foto: Amaral, R., 2018.

Figura 3.6-12: C5 – Foz do Córrego Rodrigo Vieira, sob cruzamento da Rua Rodrigo Vieira com a Av. Dr. Ricardo Jafet

Foto: Negri, F., 2018.

Figura 3.6-13: C6 – Foz do Córrego S/D, altura do nº 1.301 da Av. Dr. Ricardo Jafet

Foto: Amaral, R., 2018.

Figura 3.6-14: C7 - Foz do Córrego S/D, sob área urbanizada, sob Rua Debret.

Foto: Amaral, R., 2018.

Figura 3.6-15: C8 – Foz do Córrego S/D, sob Rua Maestro João Batista Julião.

Foto: Amaral, R., 2018.

C9 – Córrego Embuaçu, em canalização sob Rua Embuaçu (Figura 3.6-16);

C10 - Córrego S/D em canalização subterrânea sob Rua Loeffgren (Figura 3.6-17);

C11 – Córrego do Ouvidor, em canalização subterrânea sob Rua Ouvidor Peleja (Figura 3.6-18);

C12 - Córrego S/D em canalização subterrânea sob trecho urbanizado próximo à Concessionária BMW, altura do nº 3.113 da Av. Dr. Ricardo Jafet (Figura 3.6-19);

C13 - Córrego S/D em canalização subterrânea sob trecho urbanizado entre Rua Itaucama e Rua Dom Manoel da Ressureição, próximo à Churrascaria Picanha de Ouro (Figura 3.6-20);

C14 - Córrego S/D em canalização subterrânea sob trecho urbanizado próximo Tintas MC e Posto Shell, altura do nº 378 da Av. Prof. Abraão de Moraes (Figura 3.6-21);

C15 - Córrego S/D em canalização subterrânea sob trecho urbanizado próximo à Concessionária VW Alta, altura do nº 900 da Av. Prof. Abraão de Moraes (Figura 3.6-22);

C16 - Córrego S/D em canalização subterrânea sob Av. Bosque da Saúde (Figura 3.6-23);

C17 - Córrego S/D em canalização subterrânea sob trecho urbanizado próximo à Rua Catulo da Paixão Cearense (Figura 3.6-24);

C18 - Córrego S/D em canalização subterrânea sob trecho urbanizado próximo ao Supermercado Carrefour, entre Rua Arthur Thiré e Rua Ribeiro Lacerda. O local da foz é antiga área de brejo (Figura 3.6-25);

Figura 3.6-16: C9 – Foz do Córrego Embuaçu, sob Rua Embuaçu

Foto: Amaral, R., 2018.

Figura 3.6-17: C10 – Foz do Córrego S/D, sob Viaduto Eduardo Saigh/Rua Loefgreen

Foto: Amaral, R., 2018.

Figura 3.6-18: C11 – Foz do Córrego do Ouvidor, sob Rua do Ouvidor

Foto: Amaral, R., 2018.

Figura 3.6-19: C12 – Foz do Córrego S/D, altura do nº 3.113 da Av. Dr. Ricardo Jafet

Foto: Amaral, R., 2018.

Figura 3.6-20: C13 – Foz do Córrego S/D, altura do nº 199 da Av. Prof. Abraão de Moraes

Foto: Amaral, R., 2018.

Figura 3.6-21: C14 – Foz do Córrego S/D, altura do nº 378 da Av. Prof. Abraão de Moraes

Foto: Amaral, R., 2018.

Figura 3.6-22: C15 – Foz do Córrego S/D, altura do nº 900 da Av. Prof. Abraão de Moraes

Foto: Negri, F., 2018.

Figura 3.6-23: C16 - Foz do Córrego S/D, sob Av. Bosque da Saúde.

Foto: Negri, F., 2018.

Figura 3.6-24: C17 - Foz do Córrego S/D, próximo à Rua Catulo da Paixão Cearense.

Foto: Amaral, R., 2018.

Figura 3.6-25: C18 - Foz do Córrego S/D, entre Ruas Arthur Thiré e Ribeiro Lacerda.

Foto: Amaral, R., 2018.

C19 - Córrego S/D em canalização subterrânea sob trecho urbanizado próximo à TelhaNorte, altura do nº 2.200 da Av. Prof. Abraão de Moraes (Figura 3.6-26);

C20 - Córrego S/D em canalização subterrânea sob trecho urbanizado próximo a Localiza Veículos, altura do nº 2.115 da Av. Prof. Abraão de Moraes (Figura 3.6-27);

C21 – Córrego da Barroca em canalização subterrânea sob trecho urbanizado próximo ao Posto Ipiranga e Av. Miguel Stéfano (Figura 3.6-28);

C22 – Córrego Cacareco em canalização subterrânea sob acesso à Av. Afonso D'Escragnolle Taunay, e foz próximo ao final da Av. Fagundes Filho (Figura 3.6-29);

C23 – Córrego Água Vermelha em canalização de curso e foz subterrâneas, sob Av. Afonso D'Escragnolle Taunay (acesso à Av. dos Bandeirantes);

C24 - Córrego S/D em canalização e foz subterrâneas, próximo acesso da Av. Afonso D'Escragnolle Taunay para a Rodovia dos Imigrantes;

Figura 3.6-26: C19 – Foz do Córrego S/D, altura do nº 2.200 da Av. Prof. Abraão de Moraes.

Foto: Amaral, R., 2018.

Figura 3.6-27: C20 – Foz do Córrego S/D, altura do nº 2.115 da Av. Prof. Abraão de Moraes.

Foto: Amaral, R., 2018.

Figura 3.6-28: C21 – Foz do Córrego da Barroca, próximo Av. Miguel Stefano.

Foto: Amaral, R., 2018.

Figura 3.6-29: C22 – Foz do Córrego Cacareco, próximo ao final da Av. Fagundes Filho

Foto: Amaral, R., 2018.

C25 – Córrego Água Funda em canalização e foz subterrâneas, próximo Av. Água Funda;

C26 - Córrego S/D, próximo Lagoa da Aliperti (Figuras 3.6-30 e 3.6-31);

C27 - Córrego S/D em canalização e foz subterrâneas sob Rua Lírio Ferreira;

C28 - Córrego S/D em canalização e foz subterrâneas sob Rua Itaiara;

C29 – Córrego S/D em canalização e foz subterrâneas sob Rodovia dos Imigrantes;

C30 – Córrego S/D em canalização e foz subterrâneas sob Rodovia dos Imigrantes;

Figura 3.6-30: Foz da Lagoa Aliperti na canalização subterrânea do Córrego Ipiranga

Foto: Amaral, R., 2018.

Figura 3.6-31: Vista da Lagoa Aliperti a partir da Passarela Manuel de Andrade Pinto, sobre a Rodovia dos Imigrantes

Foto: Amaral, R., 2018.

C31 - Córrego S/D em canalização e foz subterrâneas sob Rodovia dos Imigrantes.

As características principais desses afluentes são (constatadas em campo em Abril de 2018):

- apenas o córrego denominado C1 não apresentava fluxo de água;
- 14 afluentes apresentavam fluxo constante e águas aparentemente límpidas (C2, C3, C4, C5, C8, C9, C10, C11, C14, C15, C16, C17, C18 e C21);
- 8 afluentes apresentavam fluxo constante e águas com resíduos e presença de esgoto (C6, C7, C12, C13, C19, C20, C22 e C26);
- 8 afluentes não foram inspecionados, por desaguar diretamente em outras canalizações subterrâneas, sob Rodovia dos Imigrantes (C23, C24, C25, C27, C28, C29, C30 e C31).

Em alguns trechos ao longo da Av. Prof. Abraão de Moraes e da Av. Dr. Ricardo Jafet, onde o curso d'água está em canalização a céu aberto, além da presença de lixo e entulho (Figuras 3.6-32 a 3.6-35), o canal é estreitado em vários locais onde há cruzamentos de vias sobre o curso d'água principal. No total são 25 cruzamentos em superfície de vias sobre o Córrego.

Figura 3.6-32: Vista do Córrego Ipiranga a partir do cruzamento da Rua Pero Correia e Av. Dr. Ricardo Jafet (jusante). Presença de entulhos na calha principal.

Foto: Amaral, R., 2018.

Figura 3.6-33: Vista do Córrego Ipiranga às margens da Av. Dr. Ricardo Jafet (jusante), no trecho entre Rua Pero Correia e Rua Pedro Campana. Presença de entulhos na calha principal.

Foto: Amaral, R., 2018.

Figura 3.6-34: Presença de lixo e entulho no canal do Córrego Ipiranga, próximo ao cruzamento da Av. Bosque da Saúde com Av. Prof. Abraão de Moraes (médio curso).

Foto: Amaral, R., 2018.

Figura 3.6-35: Estreitamento de leito para sustentação de cruzamento da Rua Vergueiro com Av. Dr. Ricardo Jafet (jusante).

Foto: Amaral, R., 2018.

Alguns cruzamentos em superfície apresentam estreitamento do córrego pelas pilastras laterais das pontes, particularmente importantes sob Viadutos Saioá e Dr. Eduardo Saigh e no cruzamento com a Rua Vergueiro. Nesse trecho, a canalização aberta data da década de 1960 e não foram feitos redimensionamentos, apesar de diversas obras que ocorreram no trecho (Figuras 3.6-35 a 3.6-37).

Figura 3.6-36: Vista do Córrego Ipiranga sob Viaduto Saioá. Estreitamento em pilastras de sustentação do viaduto (jusante).

Foto: Amaral, R., 2018.

Figura 3.6-37: Estreitamento das paredes da canalização em cruzamento da Av. Bosque da Saúde com Av. Prof. Abraão de Moraes (médio curso).

Foto: Amaral, R., 2018.

Foram identificados ainda mais 17 cursos d'água afluentes (N1 a N17) em seu estado natural.

Desses apenas o N1 tem a denominação de Córrego Pirarungáua e se encontra canalizado em aberto em um pequeno trecho localizado em área de visitação pública no Jardim Botânico.

Os demais se encontram em seu estado natural, também em áreas internas ao PEFI (Figuras 3.6-38 e 3.6-39).

Figura 3.6-38: Curso natural N7

Foto: Negri, F., 2018.

Figura 3.6-39: Curso natural N10

Foto: Negri, F., 2018.

PARTE IV – ANÁLISE INTEGRADA DA BACIA DO CÓRREGO IPIRANGA

4.1 DEFINIÇÃO DA FREQUÊNCIA E MAGNITUDE DAS INUNDAÇÕES E SEUS LIMIARES

Conforme análise das variáveis observou-se que as características naturais do relevo, com planícies amplas que apresentam estreitamentos em alguns trechos e a baixa declividade, favorecem o acúmulo de água e o escoamento lento na bacia durante os eventos de inundação.

Além da relevância dessas características, julgou-se importante definir os limiares de chuva que causaram os eventos de inundação na Bacia do Córrego Ipiranga. Para essa análise foram inicialmente correlacionados os dados obtidos a partir das notícias veiculadas pela mídia e os registros do CGE/PMSP e do SAISP/DAEE/FCTH com os dados pluviométricos e fluviométricos, que determinaram a frequência e a magnitude das inundações.

Os registros obtidos não permitiram caracterizar os eventos como inundações relâmpago (bruscas) ou graduais, por não conter o horário em que o evento ocorreu, mas apenas a data. Nas informações obtidas nas entrevistas, algumas pessoas relataram que em alguns eventos o nível da água subiu rapidamente, mas que em outros somente ocorreu a inundação após algumas horas de chuva, e que a lâmina d'água foi aumentando gradativamente.

4.1.1 Frequência das inundações

Foram registrados 82 eventos, no período entre 1965 a 2017, que totaliza 52 anos. Em média, obteve-se o registro de mais de uma inundação por ano na área da Bacia (**Anexo 2**). Entretanto, observa-se que, ao longo desse período, principalmente no período após o ano de 2007, ampliaram-se a quantidade de fontes de informação a respeito da ocorrência dos eventos,

conforme destacado no Cap. 3.3, o que pode influenciar no aumento de registros dos eventos.

A distribuição dos eventos por década, a frequência média anual e o tempo de retorno estimado são apresentados na Tabela 4.1.1-1. À medida que a frequência aumenta, o tempo de retorno estimado diminui.

Tabela 4.1.1-1: Frequência média anual e tempo de retorno estimado para os registros de inundação da Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, de acordo com as notícias de jornais e de fontes oficiais.

Década	Quantidade de eventos	Frequência média anual	Tempo de retorno (anos)
1960-69	7	0,78	1,3
1970-79	6	0,67	1,5
1980-89	3	0,33	3,0
1990-99	10	1,11	0,9
2000-09	10	1,11	0,9
2010-17*	46	6,13	0,2

* dados coletados até julho de 2017.

Org.: Amaral (2019)

A frequência das inundações passou de menos de um evento anual para 6 ocorrências ao ano. O tempo de retorno das inundações, que na década de 1980 chegou a 3 anos, diminuiu na última década para 0,2 ano, ou seja a cada 2,4 meses.

A Tabela 4.1.1-2 apresenta a distribuição dos eventos de acordo com a quantidade de chuva e sua frequência e tempo de retorno ao longo das décadas.

A frequência aumentou para todos os intervalos de precipitação definidos em todas as décadas, exceto os eventos acima de 120mm, que apenas foi registrado na década de 2000 a 2009.

Tabela 4.1.1-2: Frequência média anual e tempo de retorno estimado para os registros de inundação da Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, de acordo com as notícias de jornais e de fontes oficiais, separados por distribuição de eventos de chuva (<30mm, entre 30-40mm, 40 e 60mm, 60 a 80mm, 80 a 100mm, 100 a 120mm e > 120mm).

Década	1960-69	1970-79	1980-89	1990-99	2000-09	2010-17*
Eventos <30mm	3,0	0,0	0,0	3,0	1,0	12,0
Freq <30mm	0,3	0,0	0,0	0,3	0,1	1,6
TR <30mm	3,0			3,0	9,0	0,6
Eventos - 30 a 40mm	1,0	0,0	1,0	3,0	1,0	10,0
Freq - 30 a 40mm	0,1	0,0	0,1	0,3	0,1	1,3
TR 30 a 40mm	9,0		9,0	3,0	9,0	0,8
Eventos - 40 a 60mm	2,0	2,0	1,0	4,0	5,0	14,0
Freq - 40 a 60mm	0,2	0,2	0,1	0,4	0,6	1,9
TR - 40 a 60mm	4,5	4,5	9,0	2,3	1,8	0,5
Eventos - 60 a 80mm	1,0	3,0	1,0	0,0	0,0	4,0
Freq - 60 a 80mm	0,1	0,3	0,1	0,0	0,0	0,5
TR - 60 a 80mm	9,0	3,0	9,0			1,9
Eventos - 80 a 100mm	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	5,0
Freq - 80 a 100mm	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,7
TR - 80 a 100mm		9,0				1,5
Eventos - 100 a 120mm	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	1,0
Freq - 100 a 120mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1
TR - 100 a 120mm					4,5	7,5
Eventos > 120 mm	0	0	0	0	1	0
Freq >120mm	0	0	0	0	0,1	0
TR >120mm					9	

* dados coletados até julho de 2017.

Freq – Frequência média anual; TR – Tempo de retorno

Org.: Amaral (2020)

4.1.2 Magnitude das inundações

Em relação aos dados de magnitude, a análise do Capítulo 3.3 (Histórico dos eventos de inundação) identificou a ocorrência de dois trechos da bacia com maior impacto das inundações, tanto em extensão territorial quanto em prejuízos econômicos e sociais.

A área à jusante, ao longo da Av. Teresa Cristina, é constituída por planície fluvial de fundo plano, com baixa declividade, com característica natural de acúmulo de água e escoamento lento. A área também é próxima da foz do Córrego Ipiranga no Rio Tamanduateí. Em eventos de chuva intensa, o nível da água do Rio Tamanduateí também aumenta, e como seu volume é maior, causa um represamento do fluxo no Córrego Ipiranga. Esse fenômeno gera um acúmulo de água nessa porção, o que faz com que as inundações atinjam cotas de até mais de 1,20m, causando grandes danos. O grau de severidade das inundações nessa área é classificado com catastrófico.

A área em médio curso, próximo à Praça Leonor Kaupa, também é constituída por planície fluvial de fundo plano, com baixa declividade, com característica natural de acúmulo de água e escoamento lento, além de se localizar à montante de pontos de estreitamento natural da planície. Essa área está próxima do local onde se inicia a canalização aberta em seção trapezoidal do Córrego Ipiranga, ao longo da Av. Prof. Abraão de Moraes. É também a partir desse local que diminuem consideravelmente as áreas permeáveis, concentrando o escoamento superficial em alta velocidade e se iniciam as travessias sobre o curso do Córrego, para acesso às avenidas marginais. O grau de severidade das inundações nessa área é classificado com severo.

A classificação dos trechos, conforme o grau de severidade do atingimento das inundações pode ser visualizado na Figura 4.1.2-1 e representa a magnitude dos eventos em cada trecho.

Figura 4.1.2-1: Grau de severidade das inundações, de acordo com o resultado obtido por meio de entrevistas semiestruturadas, na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, conforme a classificação proposta por Schroeder et al. (2016).

4.1.3 Limiares das inundações

Em relação aos dados pluviométricos, buscou-se caracterizar o total de precipitação que causou as inundações, obtendo-se os dados da chuva de cada evento (chuva do evento), a quantidade de precipitação no dia em que ocorreu a inundação (24 horas) e o acumulado em 72 horas, conforme a Figura 4.1.3-1.

Em observação aos dados apresentados, têm-se diferenças na qualidade das informações, de acordo com a fonte de obtenção dos dados, conforme apresentados no **Anexo 2**. A partir de 2007, a inclusão dos dados de CGE e do SAISP possibilitou caracterizar cada evento de inundação com maior detalhe.

Os dados obtidos das notícias veiculadas pela mídia raramente citam a informação do horário em que ocorreu o evento. Para algumas datas não foi possível caracterizar a quantidade de chuva contínua que causou a inundação (chuva do evento), uma vez que foram registrados vários eventos chuvosos com intervalo de horas entre eles. Para esses casos adotou-se a precipitação da data do evento (24 horas).

Em algumas ocorrências, pode-se perceber que os totais da chuva do evento, da data de precipitação (24 horas) e o acumulado de 72 horas são idênticos. Isso evidencia que apenas aquele evento chuvoso já foi suficiente para causar inundação na bacia.

Do total compilado (82 eventos de inundação) foram extraídas as 81 datas em que ocorreram inundações. Destaca-se que no dia 15/02/2016 o mesmo evento chuvoso causou pontos de inundação em dois locais distintos da bacia, um no médio curso e outro na porção jusante (Anexo 2). A média do volume de precipitação dessas datas em que ocorreram os eventos foi de 48 mm.

Figura 4.1.3-1: Caracterização das precipitações nas datas com registro de inundação na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.

A partir desses dados foram analisadas as características do volume de chuva dos eventos que causaram inundação (chuva do evento) no período compreendido entre 2007 e 2017, dividindo-se a análise em períodos de 5 anos, por intervalos de precipitação (Figuras 4.1.3-2 e 4.1.3-3).

Figura 4.1.3-2: Volumes de precipitação dos eventos de inundação no período entre 2007 a 2011, na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.

Org.: Amaral (2019)

Figura 4.1.3-3: Volumes de precipitação dos eventos de inundação no período entre 2012 a 2017, na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.

Org.: Amaral (2019)

Os dados dispostos nos gráficos mostram que além do aumento da frequência de eventos nos últimos anos, há uma concentração de eventos que ocorreram com índices pluviométricos abaixo de 40 mm no período de 2012 a 2017. Esse dado indica que há uma mudança de padrão, e, portanto, uma diminuição na quantidade de chuva para os limiares de inundações na bacia nos últimos 5 anos do período analisado.

Essa mudança de padrão também pode ser verificada nos dados dos acumulados de 72 horas (Figuras 4.1.3-4 e 4.1.3-5).

Figura 4.1.3-4: Volume de precipitações acumuladas nas 72 horas que antecederam os eventos de inundação no período entre 2007 a 2011, na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.

Org.: Amaral (2019)

Figura 4.1.3-5: Volume de precipitações acumuladas nas 72 horas que antecederam os eventos de inundação no período entre 2012 a 2017, na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.

Org.: Amaral (2019)

O comparativo entre os dois períodos mostra que o acumulado de 72 h também passou a uma classe de menor volume de precipitação. Aponta-se o registro de uma ocorrência de inundação com acumulado de chuva em 72 h menor que 20 mm. Não se descarta uma falha de registro do fenômeno, que pode estar ligado a uma deficiência de drenagem, o que caracterizaria alagamento e não inundação. Ainda assim, a ocorrência de eventos com acumulado entre 21 e 40 mm também se destaca em relação ao período anterior. Dessa forma, julga-se relevante avaliar e monitorar eventos que ocorrem em dias seguidos de chuva, e não necessariamente com grande intensidade.

A partir desses resultados, foi realizada uma nova seleção de dados para construção dos limiares, considerando apenas os registros com informações consistentes, que apresentassem boa correlação com os dados pluviométricos e fluviométricos. Essa seleção não exclui a veracidade da ocorrência inundação nos demais pontos cadastrados.

Os registros que cumpriram com os critérios estabelecidos totalizaram 52 eventos, sendo que 15 são em áreas próximas à jusante e 37 são em áreas em médio curso da bacia (Tabelas 4.1.3-1 e 4.1.3-2).

Em relação aos dados da porção jusante da bacia (Tabela 4.1.3-1), pode-se avaliar que:

- a) Foram selecionados eventos de inundação do período compreendido entre 1972 e 2016. A maior parte dos eventos selecionados ocorreu no período entre 2010 e 2016 (8 eventos);
- b) Dos 15 eventos selecionados, 8 atingiram a Av. Teresa Cristina, que se localiza próximo à foz do Córrego Ipiranga no Rio Tamanduateí;
- c) Algumas das datas em que foram constatados eventos de inundação apresentaram altura do nível da lâmina d'água abaixo de 732m, que é o valor a partir do qual ocorrem as inundações no Posto Fluviométrico P275. Entretanto o trecho à jusante do posto, onde se localiza a Av. Teresa Cristina fica cerca de 300 metros distante do Posto. Então, embora a medição do nível d'água no local do Posto Fluviométrico estivesse dentro dos padrões médios normais, ocorreram 4 inundações no trecho jusante;
- d) O evento pluviométrico da data de 06/02/2015 foi o menor volume de precipitação registrado nos eventos de inundação desse trecho: foram 20,9mm. Porém o acumulado de 72 horas registrou 78,4mm;
- e) A média pluviométrica dos 15 eventos registrados foi de 49,2 mm e a precipitação máxima foi de 81,7 mm no evento de inundação ocorrido em 21/01/2010;
- f) Em relação aos acumulados de 72 horas, o valor mínimo foi de 40,7 mm (em 09/11/1981) e o valor máximo foi de 133,8 mm (em 21/01/2010);
- g) Os eventos chuvosos tiveram em média duração de 5 horas;
- h) O nível de atingimento ficou entre 0,4 e mais de 1,8 m na Av. Tereza Cristina.

Tabela 4.1.3-1: Dados selecionados pela consistência e correlação entre parâmetros pluviométricos e fluviométricos para a definição de limiares no setor jusante da bacia (continua).

DATA	LOCAL	FONTE	OCORRÊNCIA (Transcrita das fontes)*	Acumulado em 72 horas (mm)	Chuva na data do evento (mm)	Chuva do evento (mm)	Duração do evento (minutos)	Horário de início da chuva	Horário de final da chuva	Pico da chuva (mm)	Horário	Duração (em minutos)	Fluviometria (altura da lâmina d'água)	Posto	Nível de atingimento	Observação
03/10/1972	Av. Tereza Cristina, Rua Almirante Pestana, Rua Guarda da Honra, Vila Cristália	Folha de São Paulo	150 famílias desabrigadas	70,5	70,4	67,3	630	7	17	16,1	07-08	60	s/d	P275	> 0,80 m	
30/11/1975	Rua Cipriano Barata, Rua General Eugênio de Melo, Agostinho Gomes, Almirante Pestana, Paulo Barbosa, Coronel Frias, Av. Tereza Cristina, Av. do Estado.	Folha de São Paulo	Casas na margem esquerda do Córrego Ipiranga são atingidas pela inundação	89,4	67,1	66,6	770	0	12	16,7	1-2	60	s/d	P275		
09/11/1981	Av. Tereza Cristina, Av. Ricardo Jafet.	Estadão	Chuva em São Paulo provoca transbordamento dos rios e consequentemente alagamentos em vários pontos da cidade	40,7	40,7	38,6	330	15	23	11,7	16-17	30	s/d	P275		
13/02/1985	Av. Dr. Ricardo Jafet, Coronel Diogo e Praça do Monumento.	Estadão	Alagamentos Av. Dr. Ricardo Jafet	60	38	37,9	210	17	21	33,6	18-19	60	s/d	P275		
16/04/1991	Ruas Mongóis, D. Valverde e Ricardo Jafet	Estadão	Ruas Mongóis, D. Valverde e Ricardo Jafet inundadas pela 12ª vez este ano. Inundação atingiu 2 quarteirões.	42,1	25,4	24,3	252	16	20	17	16-17	42	s/d	P275	> 1,80 m	
13/01/1995	Av. Dr. Ricardo Jafet até nº 800	Estadão	Chuvas fortes provocaram mais uma enchente na Av. Dr. Ricardo Jafé	85,8	40,8	40,8	70	14	15	40,3	14-15	40	s/d	P275	> 1,50 m	
04/04/2004	Av. Dr. Ricardo Jafet	Folha de São Paulo	Av. Dr. Ricardo Jafet intransitável	54	54	54	170	14	17	43,7	14-15	55	s/d	P275		

* As ocorrências foram transcritas conforme as bases originais. Nos registros do CGE, o fenômeno de inundação é registrado como transbordamento. Nos registros do SAISP são registrados como extravasamento, que remete à ação de monitoramento pelos órgãos oficiais.

s/d – sem dados no período (anterior à instalação do Posto Fluviométrico)

Tabela 4.1.3-1: Dados selecionados pela consistência e correlação entre parâmetros pluviométricos e fluviométricos para a definição de limiares no setor jusante da bacia (conclusão).

DATA	LOCAL	FONTE	OCORRÊNCIA (Transcrita das fontes)*	Acumulado em 72 horas (mm)	Chuva na data do evento (mm)	Chuva do evento	Duração do evento (minutos)	Horário de início da chuva	Horário de final da chuva	Pico da chuva	Horário	Duração (em minutos)	Fluviometria (altura da lâmina d'água)	Posto	Nível de atingimento	Observação
21/01/2010	Av. Tereza Cristina, rua Agostinho Gomes, Rua Cipriano Barata, Rua Costa Aguiar, a partir da Rua Cônego Januário estavam alagadas. Pontos mais afetados: Rua Agostinho Gomes, Cônego Januário, Guarda da Honra, Paulo Barbosa e Hipólito Soares.	Ipiranga News	Água invade casas	133,8	91,1	81,7	290	21	4	51,6	0-1	60	732,35	P275	> 0,40 m	início da chuva 20/01
15/02/2011	Av. Ricardo Jafet, Tereza Cristina e ruas ao redor	Ipiranga News	Carros submersos, posto de gasolina alagado.	57	50,1	49,7	160	14	19	46	15-16	60	728,2	P275	> 1,00 m	**
16/02/2011	Av. Ricardo Jafet e ruas ao redor.	Ipiranga News	Água invade casas, carros submersos, Avenidas intransitáveis por horas.	95,6	38,6	38,6	340	14	21	21,5	16-17	60	732,8	P275	> 1,00 m	
21/02/2011	Av. Tereza Cristina, Av. Ricardo Jafet e ruas que as cercam.	Ipiranga News	Água invade residências e comércios, causando perda de móveis e prejuízos a veículos. Bairro sem energia elétrica e queda de árvores. Carros arrastados pela água.	62,8	40,6	40,6	160	13	16	38,9	14-15	60	732,76	P275	> 1,60 m	
12/11/2012	TERESA CRISTINA, AV.	CGE	TRANSBORDAMENTO	105,2	57,8	57,8	535	2	14	23,9	6-7	60	727,76	P275		**
09/03/2013	Rua Cel. Diogo com Av. Dr. Ricardo Jafet	SAISP	Extravasamento	88	43	45	395	19	1	15	19-20	60	732,68	P275	> 0,6m	
06/02/2015	TERESA CRISTINA, AV.	CGE	TRANSBORDAMENTO DO CORR IPIRANGA	78,4	21,1	20,9	320	13	20	10,4	14-15	60	727,68	P275		**
15/02/2016	TERESA CRISTINA, AV.	CGE	TRANSBORDAMENTO DE CORREGO IP	74,2	74,2	74,2	575	13	23	45,1	14-15	60	727,54	P275		**

** Fluviometria abaixo do valor considerado para inundações (nível da lâmina d'água = 732m) devido à distância entre o Posto Fluviométrico e o local atingido.

Org.: AMARAL (2020)

Em relação aos dados da porção médio curso da bacia (Tabela 4.1.3-2), pode-se avaliar que:

- a) Foram selecionados eventos de inundação do período compreendido entre 1996 e 2017 (37 eventos). A maior parte dos eventos selecionados ocorreu no período entre 2010 e 2017 (29 eventos);
- b) A maioria das ocorrências está relacionada à Praça Leonor Kaupa, onde está instalado o Posto Fluviométrico P563;
- c) Algumas das datas em que foram constatados eventos de inundação apresentaram altura do nível da lâmina d'água abaixo de 748,63 m, que é o valor a partir do qual ocorrem as inundações no Posto Fluviométrico P563. Não foi possível obter a informação sobre as condições de registro do equipamento, mas conforme a Figura 3.4-4, a linha do nível d'água estava abaixo do que foi registrado no período após novembro de 2015, o que indica provável falha de medição;
- d) O evento pluviométrico da data de 25/01/2012 foi o menor volume de precipitação registrado nos eventos de inundação desse trecho: foram 18,2 mm. Porém o acumulado de 72 horas registrou 46,9 mm;
- e) A média pluviométrica dos 35 eventos registrados foi de 52,2 mm e a precipitação máxima foi de 139,3 mm no evento de inundação ocorrido em 17/03/2009;
- f) Em relação aos acumulados de 72 horas, o valor mínimo foi de 33,5 mm (em 21/12/2016) e o valor máximo foi de 145,5 mm (em 17/03/2009);
- g) Os eventos chuvosos tiveram em média duração de 4 horas;
- h) O nível de atingimento ficou entre 0,05 e mais de 0,9 m na Praça Leonor Kaupa e mais de 2 m em uma ocorrência na Av. Prof. Abraão de Moraes com Av. General Chagas Santos.

A partir da avaliação desses dados podem-se comparar os dados dos dois trechos da bacia (Tabela 4.1.3-3):

Tabela 4.1.3-2: Dados selecionados pela consistência e correlação entre parâmetros pluviométricos e fluviométricos para a definição de limiares no setor médio curso da bacia (continua).

DATA	LOCAL	FONTE	OCORRÊNCIA (Transcrita das fontes)*	Acumulado em 72 horas (mm)	Chuva na data do evento (mm)	Chuva do evento (mm)	Duração do evento (minutos)	Horário de início da chuva	Horário de final da chuva	Pico da chuva (mm)	Horário	Duração (em minutos)	Fluviometria (altura da lâmina d'água)	Posto	Nível de atingimento	Observação
15/01/1996	Av. Prof. Abraão de Moraes	Folha de São Paulo	Avenidas alagadas	44	35,9	35,9	240	13	16	35,3	13-14	60	s/d	P563		
19/03/1996	Av. Prof. Abraão de Moraes	Folha de São Paulo	Córrego Ipiranga transbordou; 16 mil pessoas sem energia elétrica	64,8	53,9	42,5	145	18	20	40,6	18-19	60	s/d	P563		
25/02/2007	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	TRANSB	46,7	46,7	46,6	185	14	20	26	17-18	60	s/d	P563		
14/03/2007	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	TRANSB.	101,7	56,4	56,3	200	16	20	40,8	16-17	35	s/d	P563		
21/02/2008	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	TRANSB. CORR.IPIRANGA	118,3	112,8	112,8	250	17	24	96	18-20	90	s/d	P563		
03/04/2008	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	TRANSB. DO CORR. IPIRANGA	40,5	35	35	340	9	17	11,4	15-16	60	s/d	P563		
17/03/2009	Av. Prof. Abraão de Moraes com Av. Gen. Chagas Santos	Folha de São Paulo	Água chega a 2 m	145,5	139,3	139,3	370	14	20	74,1	15-16	60	s/d	P563	> 2,00 m	
26/11/2009	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	TRANSB. DO IPIRANGA	86,7	49,8	49,7	460	14	23	32,2	16-18	120	s/d	P563		
24/01/2010	Av. Prof. Abraão de Moraes com Av. Bosque da Saúde	Folha de São Paulo	Pontos de alagamento. Avenida interditada por 30 minutos.	62,9	43,7	41	425	12	21	29,9	13-14	60	s/d	P563		
04/02/2010	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	Transbordamento	100	97,2	97,2	125	14	17	74,6	15-16	60	s/d	P563		
17/02/2010	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	Transbordamento	67,2	51,4	49,4	140	17	21	45,7	18-19	60	s/d	P563		
30/11/2010	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	tranb. ipiranga	56,3	50,8	50,8	145	13	17	28,4	14-15	60	s/d	P563		
15/12/2011	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	Transbordamento	118,1	57	105,9	290	22	3	53,7	22-23	50	s/d	P563		início da chuva dia 14/12
25/01/2012	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	Transbordamento	46,9	18,2	18,2	45	15	17	15,4	16-17	40	s/d	P563		
15/01/2014	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	Transbordamento	66,4	47,9	34,3	280	18	24	29,1	18-19	50	s/d	P563		
16/01/2014	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	REFLUXO/TRANSBORDAMENTO	99,4	42,5	42,3	120	13	16	37,9	13-14	45	s/d	P563		
24/01/2014	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	TRANSBORDAMENTO	56,5	37,9	37,8	130	15	18	24,9	15-16	60	s/d	P563		
12/04/2014	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	TRANSBORDAMENTO	51,2	51,2	53,2	295	20	1	25,7	20-21	55	744,04	P563		**

Tabela 4.1.3-2: Dados selecionados pela consistência e correlação entre parâmetros pluviométricos e fluviométricos para a definição de limiares no setor médio curso da bacia (conclusão).

DATA	LOCAL	FONTE	OCORRÊNCIA (Transcrita das fontes)*	Acumulado em 72 horas (mm)	Chuva na data do evento (mm)	Chuva do evento	Duração do evento (minutos)	Horário de início da chuva	Horário de final da chuva	Pico da chuva	Horário	Duração (em minutos)	Fluviometria (altura da lâmina d'água)	Posto	Nível de atingimento	Observação
22/12/2014	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	TRANSBORDAMENTO	88,7	88,6	88	485	18	3	23,4	18-19	40	747,01	P563		**
14/01/2015	BOSQUE DA SAUDE, AV.	CGE	TRANSBORDAMENTO	52,8	38,4	30,5	130	16	19	27,4	17-18	60	743,97	P563		**
16/03/2015	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	TRANSB CORR IPIRANGA - VEJA AO VIVO	47	38,4	37,5	95	14	17	20	14-15	15	744,03	P563		**
08/09/2015	ELISA SILVEIRA, R.	CGE	TRANSBORDAMENTO	95,8	85	85	915	2	22	20,7	16-17	60	745,45	P563		**
22/12/2015	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	TRANSBORDAMENTO	34,9	31,3	31,2	160	16	19	23,1	17-18	60	749,32	P563	> 0,60 m	
27/01/2016	Praça Leonor Kaupa	SAISP	Extravasamento	39,8	39,3	39,3	335	14	20	27,1	15-16	60	749,04	P563	> 0,40 m	
15/02/2016	Praça Leonor Kaupa	SAISP	Extravasamento	74,2	74,2	74,2	575	13	23	45,1	14-15	60	749,16	P563	> 0,50 m	
17/02/2016	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	TRANSB. CORREGO IPIRANGA (TELEMETRICA)	108,2	32,3	27,4	80	15	17	25,5	15-16	30	749,50	P563	> 0,80 m	
19/02/2016	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	TRANSB. CORREGO IPIRANGA (TELEMÉTRICA)	79,2	38,6	38,5	115	14	16	33,7	15-16	60	748,94	P563	> 0,30 m	
21/02/2016	Praça Leonor Kaupa	SAISP	Extravasamento	100,4	25	22,5	260	19	23	19,6	20-21	60	748,80	P563	> 0,15 m	
09/03/2016	ABRAÃO DE MORAES, AV. PROF.	CGE	TRANSBORDAMENTO	35,3	33,3	33,3	100	17	18	25,3	17-18	40	749,01	P563	> 0,30 m	
06/06/2016	Praça Leonor Kaupa	SAISP	Extravasamento	109,8	64,2	47,8	225	13	18	21	17-18	60	749,15	P563	> 0,50 m	
21/12/2016	Praça Leonor Kaupa	SAISP	Extravasamento	33,5	20,8	20,7	205	15	19	18,8	16-17	60	748,79	P563	> 0,10 m	
02/01/2017	Praça Leonor Kaupa	SAISP	Extravasamento	63,6	59,8	59,7	355	14	21	46	16-17	60	748,88	P563	> 0,25 m	
17/01/2017	Praça Leonor Kaupa	SAISP	Extravasamento	115,1	11,8	56,9	480	18	3	32,7	22-23	60	749,19	P563	> 0,50 m	início em 16/01/2017
21/01/2017	Praça Leonor Kaupa	SAISP	Extravasamento	72,2	25,2	21,4	745	16	6	6,9	17-18	60	748,68	P563	> 0,05 m	término em 22/01/2017
24/02/2017	Praça Leonor Kaupa	SAISP	Extravasamento	81,4	73,2	66,4	265	17	21	56,6	17-18	60	749,53	P563	> 0,90 m	
07/04/2017	Praça Leonor Kaupa	SAISP	Extravasamento	103,5	12,6	60,2	390	21	4	37,6	22-23	60	749,20	P563	> 0,50 m	início em 06/04/2017
21/04/2017	Praça Leonor Kaupa	SAISP	Extravasamento	44,3	44,3	44,4	230	16	1	22,2	20-21	60	748,97	P563	> 0,30 m	

* As ocorrências foram transcritas conforme as bases originais. Nos registros do CGE, o fenômeno de inundação é registrado como transbordamento. Nos registros do SAISP são registrados como extravasamento, que remete à ação de monitoramento pelos órgãos oficiais.

s/d – sem dados no período (anterior à instalação do Posto Fluviométrico)

** Fluviometria abaixo do valor considerado para inundações (nível da lâmina d'água = 748,63m), provavelmente devido à falha de medição.

Org.: AMARAL (2020)

Tabela 4.1.3-3: Limiares de precipitação para as porções jusante e médio curso da Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, de acordo com dados selecionados na Tabela 4.1.3-1 e 4.1.3-2, respectivamente.

Posto Fluviométrico	P275 (R. Cel. Diogo com Av. Dr. Ricardo Jafet)	P563 (Praça Leonor Kaupa)
Local na Bacia	Jusante	Médio Curso
Quantidade de eventos	15	37
Pluviometria mínima dos eventos (mm)	20,9	18,2
Pluviometria média dos eventos (mm)	49,2	52,2
Pluviometria máxima dos eventos (mm)	81,7	139,3
Pluviometria mínima em 24h	21,1	11,8
Pluviometria máxima em 24h	91,1	139,3
Pluviometria mínima em 72h	40,7	33,5
Pluviometria máxima em 72h	133,8	145,5

Org.: Amaral (2020)

Esses limiares indicam que a bacia do Córrego Ipiranga tem potenciais de inundação com diferenças importantes em relação ao limiar de 72 h adotado para o Município de São Paulo, que é de 60 mm e que cada porção da bacia pode gerar eventos de inundação com diferentes quantidades de chuva.

Nas porções de médio curso e na jusante as inundações ocorrem com cerca de 20 mm de chuva. Há diferenças em relação ao acumulado de 72 horas, que na porção jusante cerca de 40mm é o limiar para a ocorrência de inundações e na porção médio curso o limiar é de cerca de 30mm.

Observa-se que esse limiar de 20mm para a ocorrência de inundações pode ser corroborado pelos eventos registrados na década de 1960 (24,3 mm em 15/02/1968 e 27,9 mm em 23/02/1968), na década de 1990 (24,3 mm em 16/04/1991, 24,6 mm em 16/02/1995, 23,2 mm em 04/02/1996) e principalmente na década de 2010 (29,5mm em 09/01/2010, 18,2mm em 25/01/2012, 26,8mm em 13/02/2014, 20,9mm em 06/02/2015, 20,3mm em 11/02/2015, 27,6mm em 19/03/2015, 18,3mm em 05/12/2015, 27,4mm em

17/02/2016, 22,5mm em 21/02/2016, 20,7mm em 21/12/2016, 21,4mm em 21/01/2017), conforme relação de eventos no Anexo 2.

Os limiares avaliados em conjunto com a característica das variáveis selecionadas permitem a construção da análise integrada do ambiente urbano da Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.

4.2 ANÁLISE INTEGRADA DAS VARIÁVEIS

Conforme avaliado nos Capítulos 3.1 a 3.6, cada uma das variáveis selecionadas para análise apresenta determinadas características que contribuem para a ocorrência de inundações na bacia.

A Tabela 4.2-1 apresenta a síntese das variáveis analisadas e as implicações ou contribuições de cada uma delas nas inundações na Bacia do Córrego Ipiranga.

A Figura 4.2-1 apresenta as características e localização das duas principais áreas afetadas na Bacia do Córrego Ipiranga com base nas entrevistas, e a quantidade de ocorrências no período analisado (1960 a 2017).

Tabela 4.2-1: Síntese das principais características das variáveis analisadas e as implicações e/ou contribuições de cada uma nas inundações na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.

Variáveis	Característica relevante	Implicações e/ou contribuições às inundações
1 – Morfologia da bacia	Planície fluvial ampla e plana com declividade baixa a média, com pontos de estreitamento natural.	Acúmulo de água e escoamento lento.
2 – Dados pluviométricos	Chuvas de 20 mm (mínimo) podem causar inundações. A média de volume de precipitação dos eventos em que se constatarem inundações foi de 48 mm.	Aumento da pluviosidade anual (Fig. 3.2-1). Chuvas acima de 40 mm aumentaram a partir da década de 1940 (Fig. 3.2-5).
3 – Histórico de eventos de inundações	Reconhecidos 31 pontos de inundação na Bacia.	Pontos à jusante e médio curso com histórico de recorrências.
4 – Variação do nível d'água nos eventos de inundação	Elevação do nível d'água em 1,5 a 2 m do nível habitual causa transbordamento em eventos chuvosos intensos.	Alguns pontos na área jusante apresentam inundação acima de 2m em residências e comércios.
5 – Grau de impermeabilização	Ao longo do último século, áreas impermeáveis (construídas) evoluíram de 3,38% para 80,39% do total da bacia.	Escoamento superficial em alta velocidade. Apenas cabeceiras apresentam significativas áreas permeáveis, inseridas no PEFI.
6 – Intervenções nos cursos d'água	Dos 67 cursos d'água, 49 estão em canalizações fechadas, 17 em estado natural e curso principal retificado e canalizado aberto.	São 25 intervenções sobre o canal principal e características da canalização em médio curso (trapezoidal) causam estrangulamento do fluxo d'água em alguns pontos.

Org.: Amaral (2019).

Figura 4.2-1: Síntese das características das principais áreas de inundações na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.

Fonte dos dados: a) Limiares obtidos a partir de análise do histórico de eventos; b) Morfologia, a partir de análise dos mapas geomorfológicos; c) Altura da água: obtida com base nas entrevistas realizadas em 2019 e histórico dos eventos; d) Especificidade: característica relevante de cada trecho, com base na análise das variáveis; e) grau de severidade das inundações: obtido com base nas entrevistas realizadas em 2019 e aplicação da metodologia proposta por Schroeder et al. (2016).

4.3 APLICAÇÃO DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO

Conforme abordado no Capítulo 2.3, a partir da seleção das variáveis analisadas no escopo dos capítulos anteriores, optou-se por aplicar o método da Análise Hierárquica Multicriterial (AHP) com a finalidade de hierarquizar as influências geradas por cada uma das variáveis do meio físico e antrópico nas áreas com maiores incidências de inundações na Bacia do Córrego Ipiranga: médio curso e jusante.

As variáveis naturais e antrópicas foram divididas em classes, conforme Tabelas 4.3-1 e 4.3-2, de acordo com a influência nas inundações.

Para compor a Tabela 4.3-1 foram selecionados itens que compõem a morfologia da bacia (Variável 1), em conjunto com os Graus de impermeabilização em relação ao uso da terra (Variável 5 – nesse caso comparando as características de permeabilidade do solo), decompostos em 3 classes que causam os graus de influência alto, médio e baixo.

Para compor a Tabela 4.3-2 a variável Interferências no curso d'água (Variável 6) foi dividida entre os principais problemas encontrados na bacia: as canalizações e retificações, os cruzamentos sobre o canal principal e as obras de aterro das pistas laterais ao Córrego, com problemas de nivelamento. Esses itens foram classificados em sua existência ou não, que caracterizam, respectivamente, grau de influência alto ou baixo.

Os dados das variáveis 2 - Frequência e quantidade de chuvas, 3 – Histórico dos eventos de inundação e 4 - Variação do nível d'água nos eventos de inundação não possibilitaram a decomposição em classes e os respectivos graus de influência, por tratarem de séries de dados específicas da área de estudo que não permitem comparativos para o julgamento.

Tabela 4.3-1: A influência dos fatores naturais nas inundações

Variável	Fator	Classe	Influência
5	Grau de impermeabilização em relação ao Uso da terra	Urbanizado	Alto
		Semi-urbanizado	Médio
		Florestas / Áreas verdes	Baixo
1	Declividade da bacia	Acima de 20%	Alta
		Acima de 12 até 20%	Média
		0 a 12%	Baixa
1	Declividade do canal principal	> 7%	Alto
		3 a 7%	Médio
		< 3 %	Baixo
1	Forma da bacia	Circular	Alto
		Semi-circular	Médio
		Alongada	Baixo
1	Densidade de drenagem (km/km ²)	> 3	Alto
		1,5 a 3	Médio
		< 1,5	Baixo

Org.: Amaral (2019)

Tabela 4.3-2: A influência dos fatores antrópicos nas inundações.

Variável	Fator	Existência	Influência
6	Canalizações / Retificações	Sim	Alto
		Não	Baixo
6	Cruzamentos sobre o canal principal	Sim	Alto
		Não	Baixo
6	Obras mal dimensionadas	Sim	Alto
		Não	Baixo

Org.: Amaral (2019)

Considerando a influência de cada um dos fatores na ocorrência de inundações, conforme definido nas tabelas 4.3-1 e 4.3-2, os itens foram avaliados conforme a metodologia AHP, comparados par a par, a partir de julgamentos feitos pela autora com base nos levantamentos obtidos na caracterização das variáveis.

As matrizes obtidas pelas comparações para os fatores selecionados estão demonstradas nas Tabelas 4.3-3 (fatores naturais) e 4.3-5 (fatores antrópicos). Os julgamentos de como foram definidos os comparativos par a par em relação à importância de cada fator estão dispostos nas Tabelas 4.3-4 (fatores naturais) e 4.3-6 (fatores antrópicos).

Tabela 4.3-3: Matriz de comparação para os fatores naturais da bacia.

	Grau de impermeabilização	Declividade da bacia	Declividade do canal principal	Forma da bacia	Densidade de drenagem
Grau de impermeabilização	1	7	7	7	5
Declividade da bacia	1/7	1	1	1	1/5
Declividade do canal principal	1/7	1	1	1	1/5
Forma da bacia	1/7	1	1	1	1/5
Densidade de drenagem	1/5	5	5	5	1

Org.: Amaral (2019)

Tabela 4.3-4: Julgamento do Fator 1 em relação ao Fator 2, em importância (fatores naturais), de acordo com definições da Tabela 2.6-1.

Fator 1	Fator 2	Julgamento	Intensidade do Fator 1 em relação ao Fator 2, em importância (SAATY, 1990)
Grau de impermeabilização	Declividade da bacia	A bacia possui grau de impermeabilização de cerca de 80% de sua área total (influência forte) em comparação com a baixa declividade da bacia, pois cerca de 66% da área da bacia tem declividade até 12% (influência baixa) foi julgada de muito forte importância.	7 (Bastante importante)
Grau de impermeabilização	Declividade do canal principal	A bacia possui grau de impermeabilização de cerca de 80% de sua área total (influência forte) em comparação com a baixa declividade do canal principal, de 0,57% (influência baixa) foi julgada de muito forte importância.	7 (Bastante importante)
Grau de impermeabilização	Forma da bacia	A bacia possui grau de impermeabilização de cerca de 80% de sua área total (influência forte) em comparação com a forma da bacia, que é alongada (influência baixa) foi julgada de muito forte importância.	7 (Bastante importante)
Grau de impermeabilização	Densidade de drenagem	A bacia possui grau de impermeabilização de cerca de 80% de sua área total (influência forte) em comparação com a densidade de drenagem, que é de 2,25 (influência média) foi julgada fortemente mais importante.	5 (Muito importante)
Declividade da bacia	Declividade do canal principal	A baixa declividade da bacia, com cerca de 66% da área da bacia com declividade até 12% (influência baixa) em comparação com a declividade do canal principal, de 0,57% (influência baixa) foram julgadas com igual importância.	1 (Igual importância)
Declividade da bacia	Forma da bacia	A baixa declividade da bacia, com cerca de 66% da área da bacia com declividade até 12% (influência baixa) em comparação com a forma da bacia, que é alongada (influência baixa) foram julgadas com igual importância.	1 (Igual importância)
Declividade da bacia	Densidade de drenagem	A baixa declividade da bacia, com cerca de 66% da área da bacia com declividade até 12% (influência baixa) em comparação com a densidade de	1/5 (menor importância)

Fator 1	Fator 2	Julgamento	Intensidade do Fator 1 em relação ao Fator 2, em importância (SAATY, 1990)
		drenagem, que é 2,25 (influência média) foi julgada com menor importância.	
Declividade do canal principal	Forma da bacia	A declividade do canal principal, de 0,57% (influência baixa) em comparação à forma da bacia, que é alongada (influência baixa) foram julgadas com igual importância.	1 (Igual importância)
Declividade do canal principal	Densidade de drenagem	A declividade do canal principal, de 0,57% (influência baixa) em comparação com a densidade de drenagem, que é 2,25 (influência média) foi julgada com menor importância.	1/5 (menor importância)
Forma da bacia	Densidade de drenagem	a forma da bacia, que é alongada (influência baixa) em comparação com a densidade de drenagem, que é 2,25 (influência média) foi julgada com menor importância.	1/5 (menor importância)

Org.: Amaral (2019)

Tabela 4.3-5: Matriz de comparação para os fatores antrópicos da bacia.

	Canalizações e retificações	Cruzamentos sobre o canal principal	Obras com problemas de dimensionamento
Canalizações e retificações	1	2	1/2
Cruzamentos sobre o canal principal	1/2	1	1/2
Obras com problemas de dimensionamento	2	2	1

Org.: Amaral (2019)

Tabela 4.3-6: Julgamento do Fator 1 em relação ao Fator 2, em importância (fatores antrópicos).

Fator 1	Fator 2	Julgamento	Intensidade do Fator 1 em relação ao Fator 2, em importância (SAATY, 1990)
Canalizações e retificações	Cruzamentos sobre o canal principal	As canalizações e retificações estão presentes ao longo de todo o canal principal (influência alta) em comparação aos cruzamentos sobre o canal principal, que ocorrem ao longo de toda a bacia (influência alta) foram julgadas com uma pequena importância em relação ao segundo.	2 (leve importância)
Canalizações e retificações	Obras com problemas de dimensionamento	As canalizações e retificações estão presentes ao longo de todo o canal principal (influência alta) em comparação às obras com problemas de dimensionamento, que são pontuais, mas causam estrangulamentos no córrego (influência alta), foram julgadas levemente menos importante.	1/2 (levemente menos importante)
Cruzamentos sobre o canal principal	Obras com problemas de dimensionamento	Os cruzamentos sobre o canal principal, que ocorrem ao longo de toda a bacia (influência alta) em comparação às obras com problemas de dimensionamento, que são pontuais, mas causam estrangulamentos no córrego (influência alta), foram julgadas levemente menos importante.	1/2 (levemente menos importante)

Org.: Amaral (2019)

As tabelas 4.3-7 e 4.3-8 apresentam os valores normalizados para os julgamentos pareados. A última coluna corresponde ao peso (*Eigenvector*) de cada fator, N é o número de fatores comparados, λ_{max} é o Autovalor, CR é a razão de consistência (*consistency ratio*) e CI é o índice de consistência (*consistency index*) para as matrizes de comparação dos fatores naturais e antrópicos.

Tabela 4.3-7: Parâmetros normalizados para os fatores naturais – AHP (cálculos conforme abordados em 2.6 – Procedimentos metodológicos)

<i>N=5</i> $\lambda_{max} = 5,205$ $CI = 0,051$ $CR = 0,05$	Grau de impermeabilização	Declividade da bacia	Declividade do canal principal	Forma da bacia	Densidade de drenagem	Pesos (%)
Grau de impermeabilização	0,61	0,47	0,47	0,47	0,76	55,40
Declividade da bacia	0,09	0,07	0,07	0,07	0,03	6,4
Declividade do canal principal	0,09	0,07	0,07	0,07	0,03	6,4
Forma da bacia	0,09	0,07	0,07	0,07	0,03	6,4
Densidade de drenagem	0,12	0,33	0,33	0,33	0,15	25,5

Org.: Amaral (2019)

Tabela 4.3-8: Parâmetros normalizados para os fatores antrópicos – AHP (cálculos conforme abordados em 2.6 – Procedimentos metodológicos).

<i>N=3</i> $\lambda_{max} = 3,054$ $CI = 0,027$ $CR = 0,05$	Canalizações e retificações	Cruzamentos sobre o canal principal	Obras com problemas de dimensionamento	Pesos (%)
Canalizações e retificações	0,29	0,40	0,25	31,20
Cruzamentos sobre o canal principal	0,14	0,20	0,25	19,80
Obras com problemas de dimensionamento	0,57	0,40	0,50	49,00

Org.: Amaral (2019)

A partir dos julgamentos com base nas tabelas anteriores, foram realizados os comparativos dos fatores naturais e antrópicos, e seus respectivos pesos, para as duas áreas da bacia com maiores incidências de inundação: jusante e médio curso (Tabela 4.3-9 e 4.3-10).

Tabela 4.3-9: Síntese de julgamentos dos fatores naturais em relação aos pesos (*Eigenvector*).

Fatores	Grau de impermeabilização	Declividade da bacia	Declividade do canal principal	Forma da bacia	Densidade de drenagem	Grau de influência
Pesos	0,55	0,06	0,06	0,06	0,25	1,00
Jusante	0,50	0,75	0,75	0,5	0,5	0,53
Médio curso	0,50	0,25	0,25	0,5	0,5	0,47

Org.: Amaral (2019)

A comparação entre jusante e médio curso foi diferenciada nos fatores naturais de declividade da bacia e declividade do canal principal, sendo considerados mais relevantes nas áreas a jusante, onde as baixas declividades induzem o escoamento lento, e, portanto, a concentração das águas em eventos chuvosos.

Tabela 4.3-10 Síntese de julgamentos dos fatores antrópicos em relação aos pesos (*Eigenvector*).

Fatores	Canalizações e retificações	Cruzamentos sobre o canal principal	Obras com problemas de dimensionamento	Grau de influência
Pesos	0,31	0,20	0,49	1,00
Jusante	0,50	0,25	0,25	0,33
Médio curso	0,50	0,75	0,75	0,67

Org.: Amaral (2019)

A comparação entre jusante e médio curso foi diferenciada nos fatores antrópicos cruzamentos sobre o canal principal e obras com problemas de dimensionamento, que foram julgados mais relevantes na área de médio curso, onde ocorrem áreas rebaixadas nos cruzamentos das ruas e avenidas transversais com a Av. Prof. Abraão de Moraes devido a aterro da pista, e

estrangulamentos no canal principal devido aos pilares que sustentam os cruzamentos.

Dessa forma, pode-se concluir que para as áreas de jusante, os fatores naturais são os que exercem uma influência levemente maior comparada aos fatores antrópicos. Essa área já apresenta influência antrópica (canalização e retificação) desde 1930, mas a baixa declividade, que favorece o acúmulo de água e o escoamento lento, e o remanso que ocorre na foz do Córrego Ipiranga quando o nível da água no Rio Tamanduateí (foz) está alto são características que contribuem para a importância dos fatores naturais nas inundações nesse trecho.

Nas áreas de médio curso, os fatores antrópicos exercem uma influência maior que os fatores naturais. As intervenções realizadas para a construção do aterro das avenidas marginais ao rio, bem como os estreitamentos no canal principal nas áreas em que se localizam os cruzamentos são os pontos que apresentam maior quantidade de registros de eventos de inundação.

4.4 CONCLUSÕES

A Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga – São Paulo/SP apresenta eventos recorrentes de inundação ao longo das últimas décadas. Essa pesquisa teve como objetivo analisar integradamente os fatores naturais e antrópicos para estabelecer os limiares para a ocorrência de inundações na bacia.

Para alcançar o objetivo proposto, a metodologia Análise Integrada da Paisagem foi aplicada em etapas de trabalho denominadas níveis compilatório, correlativo, semântico e normativo, que se mostrou eficiente na obtenção dos resultados esperados (Capítulo 2.6).

A partir da constatação do fato que motivou a pesquisa, as inundações recorrentes na bacia do Córrego Ipiranga, em São Paulo/SP, foram realizados os levantamentos para a caracterização da área de estudo e avaliados quais os fatores da dinâmica entre a sociedade e natureza poderiam ser atuantes e decisivos em desencadear os fatos ou potencializá-los (Nível compilatório). Os fatores identificados foram classificados em variáveis, que foram analisadas individualmente em contexto multitemporal (Nível correlativo) e posteriormente contribuíram para a análise integrada (Nível semântico). A partir dos resultados obtidos foi possível formular as proposições para a área de estudos e contribuir para o subsídio às políticas públicas para as áreas de risco de inundações (Nível normativo).

A Variável 1 - Morfologia da bacia (Capítulo 3.1) mostrou que as características do canal principal localizado em planície fluvial ampla e plana, aliadas à baixa declividade do canal, e da bacia, e aos estreitamentos da planície em vários pontos, são primordiais para o acúmulo da água e escoamento superficial lento. Essa característica é verificada e validada nos mapas históricos, que mostram que desde a década de 1930, com o córrego ainda meandrante, e em fase anterior à ocupação urbana, o canal principal já apresentava diversos pontos de acumulação natural de águas, denominados brejos (Capítulo 3.6).

A Variável 2 - Dados pluviométricos apontou a tendência de aumento da pluviosidade anual na bacia ao longo do período de cerca de 80 anos (1933 a 2016). Os totais diários de precipitação superiores a 30 mm também aumentaram de forma expressiva nesse período, em especial os totais diários acima de 60 mm, que passaram a ocorrer a partir da década de 1940 e os totais diários acima de 120 mm, que ocorreram uma vez a cada década desde 1960. Estudos realizados na região indicam que o adensamento urbano também favoreceu a ocorrência das chuvas concentradas nas últimas décadas, principalmente acima de 40mm, devido ao aumento da temperatura local pelo solo impermeabilizado com uso de asfalto e concreto. Também associam o aumento da temperatura à concentração da poluição do ar nas áreas urbanizadas (Capítulo 3.2).

A Variável 3 – Histórico dos eventos de inundação mostrou a evolução das recorrências e a mudança dos locais preferenciais de acúmulo de água ao longo do período entre 1930 e 2017. De acordo com as fontes de informação consultadas, foram registradas 82 inundações na bacia entre 1960 e 2017, sendo mais da metade dos registros (46) no período entre 2010 e 2017. Os dados permitiram identificar 31 pontos de inundação na bacia, sendo que um ponto localizado em médio curso apresentou recorrência de mais de 15 inundações no período entre 1960 e 2017. O histórico também propiciou a identificação das duas áreas mais afetadas na bacia: um trecho em médio curso e a porção à jusante (Capítulo 3.3).

A Variável 4 – Variação do nível d'água nos eventos de inundação teve com base as informações obtidas dos dois postos fluviométricos na bacia, instalados nas porções médio curso e jusante. Os dados desses equipamentos possibilitam o gerenciamento das situações de emergência pelos órgãos públicos competentes. A partir da constatação de determinado nível da lâmina d'água são executadas ações de monitoramento em níveis de atenção, alerta, emergência e extravasamento. Os dados obtidos na avaliação dos extravasamentos revelaram que as recorrências são maiores na área da porção médio curso. As entrevistas realizadas com moradores na área da bacia possibilitaram complementar a análise para obter dados ao longo de toda a bacia, inclusive nas áreas não contempladas pelos dados dos postos

pluviométricos e classificar áreas onde já ocorreram eventos no passado (áreas de inundações pretéritas) e onde permanecem atualmente. A partir dessas informações foi possível constatar a altura de atingimento do nível d'água nos diversos trechos mapeados e observar que o nível é alarmante na área de jusante, onde chegaram a alcançar cerca de 2 m de altura a partir do seu nível normal e deixaram o andar térreo das residências submerso por cerca de 12 horas, como no evento de inundação que ocorreu em março de 2019. (Capítulos 3.4 e 4.1). As informações obtidas com as entrevistas também permitiram estabelecer o mapeamento das áreas de risco à inundações na bacia, com a transformação dos pontos mapeados no Capítulo 3.3 em polígonos.

A Variável 5 – Graus de impermeabilização permitiu apurar que a ocupação urbana teve como características marcantes a horizontalidade esparsa (décadas de 1930 e 1940), a horizontalidade adensada (décadas de 1950 e 1960), o início da verticalização (década de 1990) e o adensamento das áreas verticalizadas (década de 2000 a atual). Essas características alteraram a permeabilidade dos solos e a dinâmica do escoamento superficial na bacia ao longo do tempo, incrementando-se cada vez mais o escoamento concentrado e de alta velocidade, conforme analisado com maior detalhe nas áreas amostrais. Ao longo do período entre 1930 e 2017 as áreas impermeáveis evoluíram de 3,38 para 80,39% do total da bacia (Capítulo 3.5).

A Variável 6 – Intervenções nos cursos d'água (Capítulo 3.6) constatou que no período em que a urbanização avançou ao longo da bacia (a partir da década de 1940) diversas retificações e canalizações foram realizadas no curso principal para viabilizar a ocupação da área. O adensamento urbano não só ocupou a planície do curso principal, mas também confinou os afluentes em canalizações fechadas.

A análise dessas variáveis elegidas para a Análise Integrada da Paisagem demonstrou que as características naturais da bacia são responsáveis pelas inundações constatadas, porém agravadas pelo impacto antrópico da impermeabilização e as alterações no curso d'água, corroborando para a hipótese do trabalho.

A frequência média anual das inundações na bacia passou de 0,78 na década de 1960 para 6,13 na década de 2010 (dados até 2017), ou seja, de menos de uma ocorrência anual de inundação para mais de 6 vezes a cada ano (Capítulo 4.1).

A magnitude das inundações foi delimitada a partir das entrevistas e foram reconhecidas duas áreas com eventos relevantes na bacia do Córrego Ipiranga, que são condicionados pela combinação de determinadas características (Capítulo 4.1).

A área à jusante, ao longo da Av. Teresa Cristina, é constituída por planície fluvial de fundo plano, com baixa declividade, com característica natural de acúmulo de água e escoamento lento. A área também é próxima à foz do Córrego Ipiranga no Rio Tamanduateí. Em eventos de chuva intensa, o nível da água do Rio Tamanduateí também aumenta, e como seu volume é maior, causa o represamento do fluxo no Córrego Ipiranga. Esse fenômeno gera um acúmulo de água nessa porção, o que faz com que as inundações atinjam cotas de até mais de 1,60m, causando grandes danos. O grau de severidade das inundações nessa área foi classificado como catastrófico.

A área em médio curso, próximo à Praça Leonor Kaupa, também é constituída por planície fluvial de fundo plano, com baixa declividade, com característica natural de acúmulo de água e escoamento lento, além de se localizar à montante de pontos de estreitamento natural da planície. Essa área está próxima do local onde se inicia a canalização aberta em seção trapezoidal do Córrego Ipiranga, ao longo da Av. Prof. Abraão de Moraes. É também a partir desse local que diminuem consideravelmente as áreas permeáveis, concentrando o escoamento superficial em alta velocidade e se iniciam as travessias sobre o curso do Córrego, para acesso às avenidas marginais. O grau de severidade das inundações nessa área é classificado como severo.

Foram reconhecidos os limiares que pré-dispõem a ocorrência de inundações. Nas porções de médio curso e na jusante as inundações ocorrem com cerca de 20 mm de chuva. Há diferenças em relação ao acumulado de 72 horas, que na porção jusante cerca de 40mm é o limiar para a ocorrência de inundações e na porção médio curso o limiar é de cerca de 30mm. Na média

de todos os eventos registrados (Anexo 2), as chuvas de cerca de 48 mm causam inundações no Córrego Ipiranga (Capítulo 4.1).

Esses limiares indicam que a bacia do Córrego Ipiranga tem potenciais de inundação com diferenças importantes em relação ao limiar de 72 h adotado para o Município de São Paulo, que é de 60 mm e que cada porção da bacia pode gerar eventos de inundação com diferentes volumes de chuva.

A análise integrada de todos os dados obtidos com cada uma das variáveis analisadas, bem como a definição da frequência, magnitude e limiares das inundações permitiu a elaboração de uma tabela com a síntese das implicações e contribuições às inundações. O mapa síntese apresenta os principais trechos afetados na bacia e as suas características relevantes (Capítulo 4.2).

A aplicação da análise multicritério (AHP) demonstrou que a influência dos fatores naturais é maior nas áreas da porção jusante e os fatores antrópicos são relevantes na porção de médio curso da bacia, que corroboram para os resultados obtidos na Análise Integrada (Capítulo 4.3).

Observa-se, que a aplicação do método AHP é bastante especulativa em função das imprecisões e subjetividade do método, uma vez que os resultados foram derivados dos levantamentos que a autora, a partir do seu julgamento, considerou para as comparações entre as variáveis. Aparentemente obtêm-se melhores resultados quando os comparativos são entre bacias hidrográficas distintas e não em relação a diferentes porções da mesma bacia.

4.5 RECOMENDAÇÕES

De acordo com os resultados da pesquisa, as inundações em áreas urbanizadas provocam consequências sociais que envolvem patrimônios, bens e pessoas atingidas, e fomentam a necessidade da gestão dos riscos associados.

O problema relacionado às inundações urbanas é comum na maioria das grandes cidades. Nesses casos, torna-se nítida a falta de planejamento para a ocupação das bacias, o que resultou na ocupação das planícies de inundação e demais alterações urbanas, como a impermeabilização dos solos e intervenções nos cursos d'água.

Do ponto de vista geomorfológico, naturalmente as planícies se constituem como áreas de ocupação das águas dos rios nos períodos de cheia. Entretanto, a ocupação total das planícies pela água somente ocorre em casos excepcionais, quando o rio atinge sua capacidade máxima, que pode acontecer em tempos de retorno de até um século.

Pelo histórico apurado, a planície do Córrego Ipiranga já apresentava locais preferenciais de inundação, e o adequado planejamento urbano deveria tê-las preservado da ocupação.

As ocupações na bacia são todas regularizadas perante os órgãos municipais. No entanto, muitas áreas constituem passivos ambientais, onde a ocupação das planícies se deu anterior ao Código Florestal de 1965. No final da década de 1960, a retificação do canal principal incentivou o adensamento urbano ao longo das avenidas marginais ao córrego, que se tornaram importante ligação da zona sul ao centro da cidade, apesar de todas as legislações vigentes destinarem as várzeas à preservação ambiental (Capítulo 2.4).

Embora a legislação permita intervenções com a possibilidade de novos usos para as áreas recorrentemente atingidas, não há mecanismo que obrigue o Poder Público fazer essas ações.

A solução para essas áreas deve passar por análise multidisciplinar, uma vez que muitas variáveis devem ser consideradas para proposições coerentes de minimização dos danos.

Conforme citado no Capítulo 1.4, a análise realizada pela PMSP avaliou os problemas recorrentes e descartou a desapropriação de áreas ao longo do Córrego Ipiranga, por considerar a medida inviável, optando por medidas estruturais, como a construção dos reservatórios de retenção e obras de redimensionamento da canalização aberta no médio curso do canal principal. Não se optou por nenhuma medida não estrutural.

Destaca-se que o Terceiro Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê (PDMAT-3) já apontava que estudos realizados em países desenvolvidos mostravam uma mudança de paradigma quanto à compreensão das relações existentes entre o planejamento do crescimento urbano e a conservação do meio ambiente. Os exemplos apontam a necessidade de criação de espaço para as águas, tendo em vista que apenas ações estruturais não são suficientes, reforçando a importância da combinação entre ações estruturais e não estruturais na gestão das águas pluviais urbanas (DAEE, 2012).

Nessa concepção, algumas das soluções propostas e adotadas a partir da década de 2010 estão alinhadas com o conceito de infraestrutura verde (GI – *Green Infrastructure*) e com o desenvolvimento de baixo impacto (LIDs – *Low Impact Development*). Ambos têm o objetivo de revitalizar vegetação e solo, além de restaurar processos hidroecológicos impactados pela urbanização tradicional, oferecendo benefícios à sustentabilidade e à qualidade de vida. Embora alguns estudos demonstrem que seu custo é menor do que os métodos tradicionais (denominados *Gray Infrastructure*), essa nova proposta encontra diversas barreiras para sua implantação em âmbito mundial, relacionadas principalmente a: a) ausência de legislação que exija a obrigatoriedade para as adequações em áreas críticas, tanto em locais particulares como em áreas públicas; b) ausência de incentivo governamental para sua implantação, como facilidades, recursos e financiamentos; c) falta de conhecimento geral sobre os métodos (custo e performance) e os benefícios ao coletivo, que podem ser sanados pelo emprego de projetos de educação

ambiental para a conscientização, premiação e reconhecimento dos projetos implantados, promovendo sua ampla divulgação (DHAKAL; CHEVALIER, 2017).

A técnica da infraestrutura verde inclui o emprego de telhados verdes, uso de pavimentos permeáveis, jardins de chuva, sistemas de bioretenção, entre outros. Diversos estudos avaliam que as técnicas podem ser utilizadas combinadamente para se obter maior efetividade, de acordo com as características da bacia (EATON, 2018; MASSOUDIEH et. al., 2017, AHIABLAME; SHAKYA, 2016). Os métodos devem avaliar o tempo de implantação, os co-benefícios e o custo-efetividade (DHAKAL; CHEVALIER, 2017), uma vez que pode contribuir com a redução das perdas geradas pelas inundações e, conseqüentemente, valorizar as propriedades (KIM; PARK, 2016).

Gogate et al. (2017) elaboraram comparações entre o emprego de diversos métodos para o manejo de áreas atingidas por inundações. Os sistemas de bioretenção, como os jardins de chuva, apresentam como vantagens a redução do escoamento superficial e picos de fluxo, requerem pouco espaço e é uma alternativa econômica, requerem pouca manutenção, auxiliam na remoção de poluentes e podem proporcionar valor estético à área. Podem ser utilizados ao longo de calçadas e canteiros centrais de avenidas. Os telhados verdes apresentam como vantagens a redução do escoamento superficial e picos de fluxo e podem ser utilizados em áreas onde não há possibilidades de alterações significativas nas superfícies. Além disso, contribuem com benefícios do ponto de vista estético, mitigam o efeito das ilhas de calor e diminuem o consumo de energia elétrica no verão, minimizando a necessidade de uso de ar condicionado. Porém, essa alternativa requer um alto custo inicial e requer boa estrutura das construções e manutenção periódica. As bacias de retenção atenuam o pico de fluxo e são relativamente simples de construir, porém não são eficientes em reduzir o escoamento superficial, requerem espaços amplos para sua implantação, e precisam de manutenções periódicas para não acumular água e se transformar em grandes criadouros de insetos.

Os pavimentos permeáveis proporcionam a rápida infiltração, reduzindo o escoamento superficial (KUMAR et al., 2016), o armazenamento e filtragem da água do escoamento superficial, além de permitir a recarga de subsuperfície (SANSALONE et al., 2012) e amenizam os efeitos da ilha de calor (CHANDRAPPA; BILIGIRI, 2016; EATON, 2018). Na Europa e nos Estados Unidos diversas áreas urbanas implantaram seu uso (SANSALONE et al., 2012; EATON, 2018), principalmente em estacionamentos, calçadas e algumas estradas locais com baixo volume de tráfego. Entretanto, estudos recentes constataram que os pavimentos permeáveis funcionam como superfícies de infiltração, mas também como filtros, e são sujeitos a obstruções pelo material particulado presente na água do escoamento superficial e pela pressão gerada pelo tráfego sobre o piso, necessitando de manutenção periódica para alcançar os resultados esperados (KUMAR et al., 2016; CHANDRAPPA; BILIGIRI, 2016; KAMALI et al., 2017; SANSALONE et al., 2012).

Todas essas propostas de alternativas de GI e LIDs estão voltadas ao atual conceito de Soluções Baseadas na Natureza (NBS - *Nature Based Solutions*), que é uma prática multidisciplinar que tem como objetivo promover o retorno de algumas condições naturais, ou próximas delas, como soluções para a mitigação de problemas urbanos. Essas soluções são avaliadas em relação às opções disponíveis e seus custos, impactos sociais e ecológicos. Dentre alguns co-benefícios relacionados às NBS estão a melhoria da qualidade do ar, a conservação da biodiversidade, melhorias em saúde pública e bem estar (qualidade de vida) e a valorização econômica dos locais (atratividade) (NESSHÖVER et al., 2017; RAYMOND et al., 2017).

Nesse sentido, alguns países têm optado por desconstruir a ocupação nas planícies, de forma a regenerá-las para cumprir sua função original.

Na Inglaterra algumas medidas de combate às cheias têm buscado combinar a expansão urbana com medidas de restauração de cursos d'água altamente modificados e suas planícies, tentando alcançar um estado mais natural. As medidas chegam a incluir a remoção de coberturas, a restauração de meandros e dos canais com suas planícies para promover novamente sua função de armazenamento das águas e deposição de sedimentos. São

relacionados diversos benefícios ecológicos e sociais. Alguns parques lineares foram criados com essa concepção e alcançaram resultados em relação à contenção das inundações nas áreas residenciais e comerciais atingidas em 2007 (DCLG, 2009).

A Alemanha também passou a exigir em sua legislação (*Law of Improvement of Preventive Flood Protection - Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes*, DEUTSCHLAND, 2005) que as planícies de inundação sejam preservadas, e em caso de ocupação pretérita, que sejam restauradas (na medida do possível) para atuar como áreas de retenção de cheias.

Na França, os Planos de Prevenção aos Riscos de Inundação (FRANCE, 2012), elaborados de acordo com as características de cada bacia hidrográfica, também destacam o objetivo de salvaguardar o equilíbrio dos ambientes, preservando a função natural dos vales, proibindo novas construções em áreas de planícies de inundação e modificações em estruturas já existentes que possam causar obstáculo à passagem das águas das cheias.

Na Austrália, o conceito de WSUD (*Water Sensitive Urban Design*) está incorporado à sua legislação (AUSTRALIA, 2009) e, entre outros objetivos, propõe uso de técnicas para que os cursos d'água fiquem o mais visível possível para a população, em contraposição ao uso de condutos fechados. Tem o objetivo de tornar as áreas urbanizadas mais agradáveis, contribuindo para o bem estar e qualidade de vida, além do controle dos riscos de inundação.

A Coreia do Sul, na cidade de Seul, renaturalizou um córrego que estava coberto por avenida e via expressa elevada com o objetivo de melhorar a qualidade de vida dos habitantes. Essa medida causou melhor conforto térmico, e a implantação do parque linear de 6 km promoveu a restauração dos habitats de flora e fauna, valorizando as áreas próximas, já que suas águas também passaram por tratamento para tornarem-se límpidas novamente. Essa área se tornou uma referência mundial nesse tipo de intervenção, o que ainda favoreceu as atividades turísticas (ROWE; KIM; JUNG, 2011; DAEE, 2013).

O Município de São Paulo já previa, de acordo com o item 10.1.5 do Anexo I da Lei Municipal nº 11.228/92 (SÃO PAULO – CIDADE, 1992), conhecida como Código de Obras, que:

As condições naturais de absorção das águas pluviais no lote deverão ser garantidas pela execução de um ou mais dos seguintes dispositivos:

- a) reserva de, no mínimo, 15% (quinze por cento) da área do terreno livre de pavimentação ou construção;*
- b) construção de reservatório ligado a sistema de drenagem.*

Esse item foi revogado em 1996, com as alterações efetivadas pela Lei Municipal nº 16.402/2016 (SÃO PAULO – CIDADE, 2016), que disciplina o parcelamento, o uso e a ocupação do solo no Município de São Paulo, de acordo com a Lei nº 16.050/2014 – Plano Diretor Estratégico (SÃO PAULO – CIDADE, 2014).

A nova lei vincula a taxa de ocupação máxima às diversas características do zoneamento da cidade, porém não permitindo, em nenhuma zona, valores maiores que 85% de ocupação nos lotes, como na lei anterior. Ainda disciplina as taxas de permeabilidade, com valores diferenciados para lotes de até 500m², variando entre 0,10 e 0,20, e para lotes acima de 500m², variando entre 0,15 e 0,30. A lei também aponta o uso de soluções construtivas e paisagísticas, como o emprego de áreas ajardinadas, coberturas verdes, maciços arbóreos e uso de pavimentos porosos e volumes de reservação. (Anexo 3 – Quadros 3, 3A, 3B), da mesma forma que são propostas as soluções alternativas discutidas anteriormente.

Entretanto, a lei não explicita como se aplicará aos imóveis já construídos, uma vez que, por exemplo, na Bacia do Córrego Ipiranga, as áreas construídas em 2016 já representavam mais de 80% do total da bacia.

Outro ponto interessante para discussão é o Seguro Inundação. De acordo com DAEE (2014), esse seguro:

(...) é um mecanismo de transferência de risco que permite viabilizar a recuperação de áreas atingidas por inundações, e também a mitigação gradual do risco, por meio de investimento em redução da ameaça, vulnerabilidade e exposição em uma

bacia hidrográfica. Os seguros são uma das principais formas pelas quais a população pode lidar com o risco de desastres naturais. Geralmente, os países em desenvolvimento não possuem condições econômicas para socorrer as vítimas desses eventos e tão pouco para a recuperação após desastre dos locais afetados. Os seguros para inundações proporcionam a chamada resiliência econômica, ou seja, a capacidade do sistema se reequilibrar economicamente, após a ocorrência de um desastre (DAEE, 2014, p. 100).

Alguns países promovem seguro contra inundações e outros riscos de desastres, a partir do mapeamento dessas áreas, como nos Estados Unidos e a Espanha, que são subsidiados pelo governo. Embora os moradores das áreas sujeitas à inundação sejam obrigados a pagar uma taxa de seguro, de acordo com o grau de risco em que o imóvel está exposto, o objetivo governamental de que houvesse uma diminuição das pessoas em áreas de risco não ocorreu. Ao contrário, as habitações nessas áreas aumentaram (DAEE, 2014). Na área de estudo não foram obtidos dados sobre seguros como iniciativa governamental. Apenas um dos moradores entrevistados comentou sobre a dificuldade em incluir cobertura específica contra inundações no seu seguro residencial devido à proximidade do imóvel ao Córrego Ipiranga.

A partir do exposto, buscou-se uma proposição para a área de estudo.

Uma alternativa que se mostra bastante interessante do ponto de vista ecológico-ambiental e a partir da análise realizada na Bacia do Córrego Ipiranga, considerando o histórico da área, a quantidade de recorrências, e a aplicação em exemplos no exterior, poderia ser a implantação de um parque linear ao longo da planície, conectando dois fragmentos remanescentes de Mata Atlântica na Bacia, o do PEFI e do Parque da Independência. Além da função ambiental, um parque linear pode abrigar espaços de lazer multifuncionais, desde que sejam aplicadas medidas de despoluição das águas. A área da Av. Teresa Cristina, mais intensamente atingida e prejudicada pelas inundações, poderia abrigar uma extensão do parque linear até a foz no Rio Tamanduateí. Essa opção também aparenta ser uma medida mais segura, em termos da vulnerabilidade da população exposta, e poderia ser considerada inclusive em conjunto com outras medidas não estruturais.

Essa proposta está de acordo com o Artigo 25 do Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo (Lei nº 16.050/2014):

Art. 25. Os objetivos urbanísticos e ambientais estratégicos relacionados à recuperação e proteção da rede hídrica ambiental são os seguintes:

I - ampliar progressivamente as áreas permeáveis ao longo dos fundos de vales e cabeceiras de drenagem, as áreas verdes significativas e a arborização, especialmente na Macrozona de Estruturação e Qualificação Urbana, para minimização dos processos erosivos, enchentes e ilhas de calor;

II - ampliar os parques urbanos e lineares para equilibrar a relação entre o ambiente construído e as áreas verdes e garantir espaços de lazer e recreação para a população;

III - integrar as áreas de vegetação significativa de interesse ecológico e paisagístico, protegidas ou não, de modo a garantir e fortalecer sua proteção e preservação e criar corredores ecológicos;

IV - proteger nascentes, olhos d'água, cabeceiras de drenagem e planícies aluviais;

V - recuperar áreas degradadas, qualificando-as para usos adequados;

VI - articular, através de caminhos de pedestres e ciclovias, preferencialmente nos fundos de vale, as áreas verdes significativas, os espaços livres e os parques urbanos e lineares;

VII - promover, em articulação com o Governo Estadual, estratégias e mecanismos para disciplinar a drenagem de águas subterrâneas.

Entretanto, essa alternativa apresenta alto custo econômico de implantação, além de implicar em problemas sociais devido à necessidade de realocações de imóveis, comércios e viário de grande tráfego. Destaca-se que não há ocupações irregulares ao longo do Córrego. Os imóveis são todos regulares perante a Prefeitura. Também se deve mencionar os inúmeros problemas decorrentes de inundações nas bacias vizinhas e no município de São Paulo, o que torna a opção pela alternativa ambiental ainda mais delicada.

Dessa forma, avalia-se que a intervenção em um dos componentes, como por exemplo, o grau de impermeabilização do solo, pode se dar com a implantação de pavimentos permeáveis ou pequenos jardins de chuva

alocados ao longo da bacia. Os jardins de chuva poderiam ser alocados ao longo das ruas transversais ao curso d'água com declividade acentuada, com o objetivo de diminuir a velocidade do escoamento superficial em eventos de chuva intensa. Essa medida não estrutural, que requer pequeno investimento e não precisa de grande extensão de áreas contínuas para ser empregada, pode contribuir positivamente para a minimização dos problemas sociais atuais, além de agregar valor ambiental e de qualidade de vida.

REFERÊNCIAS¹⁰

AB'SÁBER, A. N. **Geomorfologia do sítio urbano de São Paulo**. Atelie Editorial, 2007.

ABATE, M.; NYSSSEN, J.; STEENHUIS, T.; MOGES, M.M.; TILAHUN, S.A.; ENKU, T.; ADGO, E. Morphological changes of Gumara River channel over 50 years, upper Blue Nile basin, Ethiopia, **Journal of Hydrology**, v.525, p. 152-164, 2015

AHIABLAME, L.; SHAKYA, R. Modeling flood reduction effects of low impact development at a watershed scale. **Journal of environmental management**, v. 171, p. 81-91, 2016.

AMARAL, R.; RIBEIRO, R.R. Inundações e enchentes. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Org.) **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

ANDRADE, E.; DANNA, L. C.; SANTOS, M. L.; FERNANDES DA SILVA, P.C. Levantamento de ocorrências de inundação em registros de jornais como subsídio ao planejamento regional e ao mapeamento de risco. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL. **Anais...** Maringá: v. 7, 2010.

ANELLI, R. L. S. Uma nova cidade para as águas urbanas. **Estudos Avançados**, 29 (84), p. 69-84. 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142015000200069&script=sci_arttext, acesso em 12 nov. 2016.

AUSTRALIA. **National Guidelines for Water Sensitive Urban Design**. Departament of Planning and Local Government, 2009. Disponível em: <http://www.planning.sa.gov.au/go/wsud> , acesso em 27 abr. 2019.

BERGES, B. **Geomorfologia Urbana Histórica aplicada à análise das inundações na bacia hidrográfica do Córrego da Mooca-São Paulo/SP**. 2013. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo.

BERTALANFFY, L.v. **General System Theory – Foundations, Development, Applications**. Revised Edition. New York: George Braziller, 1968.

¹⁰ De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 6023).

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global – Esboço Metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**, 13. São Paulo: Instituto de Geografia – Universidade de São Paulo, 1971.

BETTINE, S. C. et al. Áreas ecológicamente estáveis como instrumento de planejamento ambiental. **Interciencia**, v. 37, n. 10, 2012.

BLANES, L.. **A aplicação do indicador de sustentabilidade BAF no mapeamento de geótopos urbanos: um experimento para a bacia hidrográfica do córrego Água Espreada-São Paulo-SP**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2011

BÓGUS, L. M. M.; VÉRAS, M. P. B.. A reorganização metropolitana de São Paulo: espaços sociais no contexto da globalização. **Cadernos Metrópole**, n. 03, p. 81-98, 2000.

BOUDOU, M.; DANIÈRE, B.; LANG, M. Assessing changes on urban flood vulnerability through mapping land use from historical information. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 12, p. 161-173, 2016.

BRASIL. **Lei nº 12.608 de 10 de abril de 2012**. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nºs 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm Acesso em 12 nov. 2016.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Instrução Normativa Nº - 1, de 24 de agosto de 2012. Anexo I Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE)**. Diário Oficial Republica Federativa do Brasil. Brasília, DF, n. 169, p. 30-39, 30 de agosto, 2012. Seção 1. ISSN1677-7042, 2012a.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Departamento de Prevenção e Preparação. **Módulo de formação: noções básicas em proteção e defesa civil e em gestão de riscos: livro base** / Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, Departamento de Minimização de Desastres. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2017.

BROLLO, M. J.; FERREIRA, C. J. Gestão de riscos de desastres devido a fenômenos geodinâmicos no Estado de São Paulo: Cenário 2000-2015. **Boletim do Instituto Geológico** nº 67. São Paulo : IG / SMA, 2016. 72p. Disponível em: http://igeologico.sp.gov.br/files/2016/10/boletim_IG_vol_67.pdf

CABRAL, E. **Tendências e variabilidade do fenômeno pluvial na região metropolitana de São Paulo e possíveis vinculações com o processo de urbanização**. Tese de Doutorado, Departamento de Geografia, FFLCH, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. D.; OGURA, A. T. **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios**. Brasília: Ministério das Cidades, 2007.

CEPED/UFSC – Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres – Universidade Federal de Santa Catarina. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 a 2012**. 2ª ed. rev. ampl. – Florianópolis: CEPES UFSC, 2013.

CHANDRAPPA, A. K.; BILIGIRI, K. P.. Pervious concrete as a sustainable pavement material—Research findings and future prospects: A state-of-the-art review. **Construction and Building Materials**, v. 111, p. 262-274, 2016.

CHEN, Y.; YEH, C.; YU, B. Flood damage assessment of na urban area in Taiwan. **Natural Hazards**, v. 83 (2), p. 1045-1055, 2016.

CŒUR, D.; LANG, M. Use of documentary sources on past flood events for flood risk management and land planning. **Comptes Rendus Geoscience**, v. 340(9), p. 644-650, 2008.

COLTRINARI, L. **A Bacia como Unidade de Análise em Geomorfologia - As Vertentes**. São Paulo, 8p. (manuscrito), 1994/2000.

CONTI, J.B. O clima das grandes cidades. **O Estado de São Paulo**. Suplemento Cultural, São Paulo, ano III, nº 149, p. 3-4. 09/09/1979. Disponível em: <https://acervo.estadao.com.br/procura/>, acesso em 02 set. 2018.

COOKE, R.U.; DOORNKAMP, J.C. **Geomorphology in Environmental Management, A New Introduction**. Clarendon Press, Oxford, 1990.

CRUTZEN, P.J. 2002. Geology of Mankind. **Nature**, 415(23): 23. <https://doi.org/10.1038/415023a>

CUNHA, M. I. R. Inundações brasileiras – uma questão de política pública. In: CONGRESSO VIRTUAL BRASILEIRO–ADMINISTRAÇÃO, Vol. 9, 2012. **Anais eletrônicos...** Disponível em: http://convibra.org/upload/paper/2012/38/2012_38_4784.pdf Acesso em 12 nov. 2016.

CUSTÓDIO, V. **A persistência das inundações na Grande São Paulo**. Tese de Doutorado, Departamento de Geografia, FFLCH, Universidade de São Paulo, 2002.

DANG, N.; BABEL, M.; LUONG, H. – Evaluations of flood risk parameters in the Day River Flood Diversion Area, Red River Delta, Vietnam. **Natural Hazards**, v. 56 (1), p. 169-194, 2011.

DCLG – Department for Communities and Local Government. **Planning Policy Statement 25: Development and Flood Risk**. 2009. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/publications/development-and-flood-risk-practice-guide-planning-policy-statement-25>, acesso em 27 abr. 2019.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Terceiro Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê – PDMAT3, Parte II, Tomo I – Levantamentos Gerais e Levantamento e Mapeamento das Áreas de Risco Conhecidas**. DAEE, 2012. Disponível em: http://www.daee.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1364&Itemid=7, Acesso em 05 jan. 2019.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Terceiro Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê – PDMAT3, Relatório nº 10, PNE – Plano de Ações Não Estruturais – Revisão 02**. DAEE, 2013. Disponível em: http://www.daee.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1364&Itemid=7, Acesso em 05 jan. 2019.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Terceiro Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê – PDMAT3, Relatório 11 – Plano de Ação**. DAEE, 2014. Disponível em: http://www.daee.sp.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1364&Itemid=7, Acesso em 05 jan. 2019.

DEUTSCHLAND. Law of Improvement of Preventive Flood Protection - Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes. **Federal Law Gazette I of**, v. 9, 2005. Disponível em: <https://www.bmu.de/gesetz/gesetz-zur-verbesserung-des-vorbeugenden-hochwasserschutzes/>, acesso em 27 abr. 2019.

DHAKAL, K. P.; CHEVALIER, L. R. Managing urban stormwater for urban sustainability: Barriers and policy solutions for green infrastructure application. **Journal of environmental management**, v. 203, p. 171-181, 2017.

DOUGLAS, I. 1983. **The Urban Environment**. Edward Arnold, Baltimore, Maryland, 229 p.

DUNNE, T.; LEOPOLD, L.B. **Water in Environmental Planning**. New York: WH Freeman and Co, 818 p., 1978.

DURY, G. H. Magnitude-frequency analysis and channel morphology. **Fluvial Geomorphology**. New York, State University of New York, p. 91-121, 1973.

EATON, T. T. Approach and case-study of green infrastructure screening analysis for urban stormwater control. **Journal of environmental management**, v. 209, p. 495-504, 2018.

EDWARDS, B.L.; KEIM, R.F.; JOHNSON, E.L.; HUPP, C.R.; MARRE, S.; KING S.L. Geomorphic adjustment to hydrologic modifications along a meandering river: Implications for surface flooding on a floodplain. **Geomorphology**, v. 269, p. 149-159, 2016.

EM-DAT The International Disasters Database, Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), **Natural Disasters 2019**. Disponível em: <http://www.emdat.be/>, acesso em 28 set. 2020.

EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO. **Folhas planialtimétricas do Sistema Cartográfico Metropolitano**, EMPLASA, 1980-1981.

FACCINI, F.; LUINO, F.; SACCHINI, A.; TURCONI, L.; DE GRAFF, J.V. Geohydrological hazards and urban development in the Mediterranean area: an example from Genoa (Liguria, Italy). **Natural Hazards Earth System Sciences**, v. 15, p. 2631-2652, 2015.

FACCINI, F.; PALIAGA, G.; PIANA, P.; SACCHINI, A.; WATKINS, C. The Bisagno stream catchment (Genoa, Italy) and its major floods: geomorphic and land use variations in the last three centuries. **Geomorphology**, v. 273, p. 14-27, 2016.

FEMA – Federal Emergency Management Agency – Fact Sheet – Floods. 2007. Disponível em: https://www.fema.gov/media-library-data/20130726-1621-20490-8846/floodsfactsheet_finalrev2_5_07.pdf. Acesso em 09 nov. 2020.

FERNANDES, A. J. et. al. Avaliação regional e identificação de critérios para locação de poços nos aquíferos fraturados da RMSP, In: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2016. Campinas: **Anais...** 2016.

FERNANDES, N. B. **Enchentes e inundações na bacia hidrográfica do riacho Ipiranga sob a perspectiva da geomorfologia urbana histórica**. 2017. Trabalho de Graduação Individual. Departamento de Geografia. Universidade de São Paulo.

FERNANDES DA SILVA, P. C.; ANDRADE, E.; ROSSINI-PENTEADO, D.. Mapeamento de perigos e riscos de inundação: uma abordagem semiquantitativa. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 13-38, 2014.

FERNANDES DA SILVA, P. C.; ANDRADE, E.; DANNA, L. C. Mapeamento de risco à inundação em municípios do Vale do Paraíba (SP): abordagem metodológica para delimitação e caracterização de setores de perigo. In: 13º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL. **Anais...** São Paulo: ABGE, 2011.

FERREIRA, J.B.; AMARAL, R. Análise dos dados pluviométricos da bacia hidrográfica do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, In: 7º SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PIBIC. **Resumos...** São Paulo: Instituto Geológico, 2017. Disponível em: http://igeologico.sp.gov.br/files/2018/02/RESUMOS_7-SIC-IG_2016.pdf

FLETCHER, T.; ANDRIEU, H.; HAMEL, P. Understanding, management and modelling of urban hydrology and its consequences for receiving waters: A state of art. **Advances in Water Resources**, 51, p. 261-279, 2013.

FRANCE. **Plan de Prevention des Risques Naturels – Risque Inondation**, 2012. Disponível em: http://www.lot.gouv.fr/IMG/pdf/Reglement_PPRi_Dordogne_amont.pdf , acesso em 27 abr. 2019

FRYIRS, K.; LIENBY, P.; CROKE, J. (2015). Morphological and historical resilience to catastrophic flooding: the case of Lockyer Creek, SE Queensland, Australia. **Geomorphology**, 241, 55-71.

FUNDAÇÃO AGÊNCIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ. **Relatório – I - Plano de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê - UGRHI 06**, Ano Base 2016/2035. FABHAT, 2016. Disponível em: http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/CBH-AT/11958/relatorio-i_plano_final-rev2.pdf , Acesso em 05/01/2019.

GOGATE, N. G.; KALBAR, P. P.; RAVAL, P. M. Assessment of stormwater management options in urban contexts using Multiple Attribute Decision-Making. **Journal of cleaner production**, v. 142, p. 2046-2059, 2017.

GOUDIE, A. **The human impact on the natural environment**. Ed. MIT Press, Great Britain, 1994.

GREGORY, K. J. **A natureza da geografia física**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, v. 1, n. 992, p. 367, 1992.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

GUTJAHR, M. R.; RABELLO, J. F. D.; GOMES, M. L. F.; JESUS, M. H. S. Estudos históricos de eventos climáticos extremos na Baixada Santista- SP Brasil. In: VI SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, II SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA. **Anais...** Universidade de Coimbra, 2010.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological society of America bulletin**, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – **Sinopse do Censo Demográfico de 2010** – IBGE, 2011. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv49230.pdf>, acesso em 23 jun. 2015.

INSTITUTO DE ASTRONOMIA, GEOFÍSICA E CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – **Boletim Climatológico Anual da Estação Meteorológica do IAG/USP**, Seção Técnica de Serviços Meteorológicos, v. 19, 2016. São Paulo: IAG/USP, 2016.

INSTITUTO GEOLÓGICO – **Mapeamento de Riscos Associados a Escorregamentos, Inundações, Solapamento, Colapso e Subsidência** –

Município de Campos do Jordão – Relatório Técnico - Volume III – Resultados da Avaliação de Risco Local, Recomendações, Conclusão, Bibliografia, Apêndice/ Maria José Brollo (Coordenação). São Paulo: IG, 2012.

INSTITUTO GEOLÓGICO – **Banco de Dados Históricos de Desastres Naturais Relacionados a Eventos Climáticos na Baixada Santista**. IG, 2009. Disponível em: <http://200.144.28.233/dnbs/busca.php>, acesso em 16 fev. 2015.

INSTITUTO GEOLÓGICO – **Relatório da Operação dos Planos Preventivos de Defesa Civil – PPDC. Operação Verão 2016-2017**. IG, 2017. Disponível em: https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/233/2017/11/RELAT_PPDC_2016-2017_FINAL.pdf, acesso em 18 nov. 2019.

JHA, A.K.; BLOCH, R.; LAMOND, J. **Cidades e Inundações – um guia para a gestão integrada do risco de inundação urbana para o século XXI. Um resumo para os formuladores de políticas**. Washington, D.C.: The World Bank, GFDRR, 2012. Disponível em: <http://documents.worldbank.org/curated/en/927951468152965134/Cidades-e-Inunda%C3%A7%C3%B5es-Um-guia-para-a-Gest%C3%A3o-Integrada-do-Risco-de-Inunda%C3%A7%C3%A3o-Urbana-para-o-S%C3%A9culo-XXI> Acesso em: 12 nov. 2016.

KAMALI, M.; DELKASH, M.; TAJRISHY, M. Evaluation of permeable pavement responses to urban surface runoff. **Journal of environmental management**, v. 187, p. 43-53, 2017.

KANASHIRO, W. H. Uma nova proposta para a macrodrenagem do Rio Tietê. **Revista Engenharia** nº 613, p. 80-85, 2013. Disponível em: https://issuu.com/www.viapapel.com.br/docs/613_baixa, Acesso em: 16 jan. 2019.

KAZAKIS, N.; KOUGIAS, I.; PATSIALIS, T. Assessment of flood hazard areas at a regional scale using an index-based approach and Analytical Hierarchy Process: Application in Rhodope-Evros region, Greece. **Science of the Total Environment**, v. 538, p. 555-563, 2015.

KELLER, E. A. Channelization: Environmental, Geomorphic, and Engineering Aspects, in: COATES, D.R. Geomorphology and Engineering, **The Binghamton symposia in geomorphology: international series**, nº 7, 1976.

KIM, H. W.; PARK, Y. Urban green infrastructure and local flooding: The impact of landscape patterns on peak runoff in four Texas MSAs. **Applied Geography**, v. 77, p. 72-81, 2016.

KJELDTSEN, T.; MACDONALD, N.; LANG, M.; et al. Documentary evidence of past floods in Europe and their utility in flood frequency estimation. **Journal of Hydrology**, v. 517, p. 963-973, 2014.

KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D.A.; MARCELINO, I.P.V.O; MARCELINO, E.V.; GONÇALVES, E.F.; BRAZETTI, L.L.P.; GOERL, R.F.; MOLLERI, G.S.F.; RUDORFF, F.M. **Prevenção de Desastres Naturais: Conceitos Básicos**. Curitiba: Ed. Organic Trading. 109 p., 2006. Disponível em: <http://www.labhidro.ufsc.br/publicacoes.html>. Acesso em 12 mar. 2008.

KOCHEL, R. C. Geomorphic impact of large floods: review and new perspectives on magnitude and frequency. **Flood Geomorphology**. John Wiley & Sons New York. 1988. p 169-187. 9 fig, 2 tab, 43 ref. NSF Grant EAR 77-23025, 1988.

KUMAR, K. et al. In-situ infiltration performance of different permeable pavements in a employee used parking lot—A four-year study. **Journal of environmental management**, v. 167, p. 8-14, 2016.

LEOPOLD, L.; WOLMAN, M.G.; MILLER, J.P. **Fluvial processes in Geomorphology**. San Francisco: W.H. Freeman and Co., 1964.

LIBAULT, A. Os quatro níveis da pesquisa geográfica, IGEOG-USP, **Métodos em Questão** 1, São Paulo, 1971.

LUZ, R. A. **Geomorfologia da planície fluvial do rio Pinheiros entre os bairros de Pinheiros, Butantã e Cidade Jardim, São Paulo (SP)**. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MARCELINO, E. V. **Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos básicos**. Santa Maria: CRS/INPE. 20p. (publicação interna), 2007. Disponível em: <http://www.inpe.br/crs/geodesastres/publicacoes.php>. Acesso em 12 mar. 2008.

MASSOUDIEH, A. et al. A flexible modeling framework for hydraulic and water quality performance assessment of stormwater green infrastructure. **Environmental modelling & software**, v. 92, p. 57-73, 2017.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas – a história de uma procura**. São Paulo: Contexto, 127p., 2000.

MORISAWA, M. Rivers: form and process. **Geomorphology texts**, v. 7, 1985.

MOROZ – CACCIA GOUVEIA, I. C. **Da originalidade do sítio urbano de São Paulo às formas antrópicas: aplicação da abordagem da Geomorfologia Antropogênica na Bacia Hidrográfica do Rio Tamanduateí, na Região Metropolitana de São Paulo**. Tese de Doutorado, Departamento de Geografia, FFLCH, Universidade de São Paulo, 2010.

NESSHÖVER, C. et al. The science, policy and practice of nature-based solutions: An interdisciplinary perspective. **Science of the Total Environment**, v. 579, p. 1215-1227, 2017.

NIR, D. **Man, a geomorphological agent: an introduction to anthropic geomorphology**. Springer Science & Business Media, 1983.

PEREIRA, M.; VENTURA, J.E. As áreas inundáveis em meio urbano – A abordagem dos instrumentos de planeamento territorial. 7º CONGRESSO DA ÁGUA. **Anais...** Lisboa, LNEC. APRH – Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, 2004.

PEREIRA FILHO, A. J.; DOS SANTOS, P. M.; DE CAMARGO, R.; FESTA, M.; FUNARI, F. L.; SALUM, S. T.; FIALHO, W. G. M. A. Impactos antrópicos no clima da Região Metropolitana de São Paulo. **Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia**, v. 30, p. 48-56, 2007.

PONCE, V. M. **Engineering hydrology: principles and practices**. New Jersey: Prentice Hall, 1989.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Obras de controle de inundações na Bacia do Riacho do Ipiranga**. Estudo de Viabilidade Ambiental (EVA), Caracterização do empreendimento, Volume 1, PMSP, 2014.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Mapa Digital da Cidade de São Paulo**. PMSP, 2017a. Disponível em: <http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/SBC.aspx>, Acesso em 21/10/2017.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Dados históricos e demográficos.** PMSP, 2017b. Disponível em: http://smul.prefeitura.sp.gov.br/historico_demografico/, Acesso em 21/10/2017.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Acervo Fotográfico do Museu da Cidade de São Paulo.** PMSP, 2018. Disponível em: <http://www.acervosdacidade.prefeitura.sp.gov.br/PORTALACERVOS/ExibirItemAcervo.aspx?id=470935>, Acesso em 29/09/2018.

RAYMOND, C. M. et al. A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas. **Environmental Science & Policy**, v. 77, p. 15-24, 2017.

RICHARDS, K. **Rivers: Form and Process in Alluvial Channels.** New Jersey: The Blackburn Press, 1982.

RINALDI, M.; SURIAN, N.; COMITI, F.; BUSSETINI, M. A methodological framework for hydromorphological assessment, analysis and monitoring (IDRAIM) aimed at promoting integrated river management. **Geomorphology**, v. 251, p. 122-136, 2015.

RODRIGUES, C. **Geomorfologia Aplicada: Avaliação de experiências e de instrumentos de planejamento físico-territorial e ambiental brasileiros.** São Paulo, Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado, 1997.

RODRIGUES, C. Morfologia original e morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: exemplo na metrópole paulista. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 17, p. 101-111, 2005.

RODRIGUES, C. Avaliação do impacto humano da urbanização em sistemas hidro-geomorfológicos. Desenvolvimento e aplicação de metodologia na grande São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 20, p. 111-125, 2010.

RODRIGUES, C. et al. Antropoceno e mudanças geomorfológicas: sistemas fluviais no processo centenário de urbanização de São Paulo. **Revista do Instituto Geológico**, v. 40, n. 1, p. 105-123, 2019.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos Geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, n.º 6, p. 17-29, 1992.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, n.º 8, p. 63-73, 1994.

ROSS, J.L.S. Inundações e deslizamentos em São Paulo. Riscos da relação inadequada sociedade-natureza. **Revista Territorium. Lousã** (Portugal) nº 8, p. 15-23, 2001.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: Laboratório de Geomorfologia, DG, FFLCH, USP / Laboratório de Cartografia Geotécnica-Geologia Aplicada - IPT / FAPESP, 1997. Mapa color, v.1 e 2. Escala: 1:500.000.

ROWE, P.; KIM, S.; JUNG, S.. A city and its stream: the Cheonggyecheon restoration project. **Seoul: Seoul Development Institute**, 2011. Disponível parcialmente em: <http://city.snu.ac.kr/archives/231>, acesso em 29 abr. 2019.

SAATY, T. L. How to make a decision: the analytic hierarchy process. **European journal of operational research**, v. 48 (1), p. 9-26, 1990.

SALVADORE, E.; BRONDERS, J.; BATELAAN, O. Hydrological modelling of urbanized catchments: A review and future directions, **Journal of Hydrology**, v. 529 (1), p. 62-81, 2015.

SANSALONE, J. et al. Filtration and clogging of permeable pavement loaded by urban drainage. **Water research**, v. 46, n. 20, p. 6763-6774, 2012.

SANTOS, A. P.; AMARAL, R. Levantamento histórico de dados de inundação do córrego Ipiranga – São Paulo/SP, In: 7º SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTIFICA PIBIC. **Resumos...** São Paulo: Instituto Geológico, 2017. Disponível em: http://igeologico.sp.gov.br/files/2018/02/RESUMOS_7-SIC-IG_2016.pdf

SANTOS, A. R.; AMARAL, R. Aplicação de entrevistas para estimativa de danos decorrentes das inundações do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, In: 9º SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTIFICA PIBIC. **Resumos...** São Paulo: Instituto Geológico, 2019 (no prelo).

SÃO PAULO (CIDADE) **Lei nº 11.228, de 25 de junho de 1992**. Dispõe sobre as regras gerais e específicas a serem obedecidas no projeto, licenciamento,

execução, manutenção e utilização de obras e edificações, dentro dos limites dos imóveis; revoga a Lei no 8.266, de 20 de junho de 1975, com as alterações adotadas por leis posteriores, e dá outras providências. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/upload/pinheiros/arquivos/COE_1253646799.pdf, acesso em: 27 abr. 2019.

SÃO PAULO (CIDADE) **Lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014.** Aprova a Política de Desenvolvimento Urbano e o Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo e revoga a Lei nº 13.430/2002. Diário Oficial da Cidade de São Paulo de 01 ago. 2014. Disponível em: gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/arquivos/PDE.../PDE_SUPLEMENTO-DOC.pdf. Acesso em: 02 abr. 2018.

SÃO PAULO (CIDADE) **Lei nº 16.402, de 22 de março de 2016.** Disciplina o parcelamento, o uso e a ocupação do solo no Município de São Paulo, de acordo com a Lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014- Plano Diretor Estratégico (PDE) Disponível em: <https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/marco-regulatorio/zoneamento/arquivos/> Acesso em: 29 abr. 2019.

SÃO PAULO (ESTADO) **Lei nº 13.798, de 09 de novembro de 2009.** Institui a Política Estadual de Mudanças Climáticas – PEMC. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2009/lei-13798-09.11.2009.html>, Acesso em: 05 abr. 2018.

SÃO PAULO (ESTADO) **Decreto Estadual nº 57.512, de 11 de novembro de 2011.** Institui o Programa Estadual de Prevenção de Desastres Naturais e de Redução de Riscos Geológicos e dá providências correlatas. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2011/decreto-57512-11.11.2011.html>, Acesso em: 05 abr. 2018.

SÃO PAULO (ESTADO) **Decreto Estadual nº 64.673, de 16 de dezembro de 2019.** Reorganiza e altera a denominação do Programa Estadual de Prevenção de Desastres Naturais e de Redução de Riscos Geológicos e dá providências correlatas. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2019/decreto-64673-16.12.2019.html#:~:text=Reorganiza%20e%20altera%20a%20denomina%C3%A7%C3%A3o,Geol%C3%B3gicos%20e%20d%C3%A1%20provid%C3%A2ncias%20correlatas> , Acesso em: 11 nov. 2020.

SARA BRASIL **Mappa Topographico do Município de São Paulo.** 1930.

SCHROEDER, A.; GOURLEY, J.; HARDY, J. et. al. The development of a flash flood severity index, **Journal of Hydrology**, v. 541, p. 523-532, 2016.

SCHUMM, S. A. Fluvial geomorphology: Channel adjustment and river metamorphosis. **River morphology**, 1972.

SCHUMM, S. A. Geomorphic thresholds and complex response of drainage systems. **Fluvial geomorphology**, v. 6, p. 69-85, 1973.

SCHUMM, S. A. Geomorphic thresholds: the concept and its applications. **Transactions of the Institute of British Geographers**, p. 485-515, 1979.

SEABRA, O. C. D. L. **Os meandros dos rios nos meandros do poder: Tietê e Pinheiros—valorização dos rios e das várzeas na cidade de São Paulo**. São Paulo: USP/FFLCH, 1987.

SIMAS, I. T. H.; RODRIGUES, C.; SANT'ANNA NETO, J. L. Análise retrospectiva de inundação na bacia do Rio Aricanduva, São Paulo. **Boletim Paulista de Geografia**, n. 97, p. 1-20, 2017.

SOTCHAVA, V. B. – Por Uma Teoria de Classificação de Geossistemas da Vida Terrestre. **Biogeografia** nº 14. São Paulo: Instituto de Geografia – Universidade de São Paulo, 1978.

SOUZA, C. R. G. Suscetibilidade morfométrica de bacias de drenagem ao desenvolvimento de inundações em áreas costeiras. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 6(1), p. 45-61, 2005.

STEFANIDIS, S.; STATHIS, D. Assessment of flood hazard based on natural and anthropogenic factors using analytic hierarchy process (AHP), **Natural Hazards**, v. 68(2), p. 569-585, 2013.

STEFFEN, W.; BROADGATE, W.; DEUTSCH, L. GAFFNEY, O.; LUDWIG, C. The trajectory of the Anthropocene: The Great acceleration. **The Anthropocene Review**, v. 2 (1) p. 81-98, 2015.

STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Eos, Transactions American Geophysical Union**, v. 38, n. 6, p. 913-920, 1957.

SZABÓ, J.; DÁVID, L.; LÓCZY, D. **Anthropogenic Geomorphology – A Guide to Man-Made Landforms**. New York: Springer, 2010.

TARIFA, J.R.; ARMANI, G. Os climas “naturais”. In: TARIFA, J.R.; AZEVEDO, T.R. (Org.) **Os climas na cidade de São Paulo: teoria e prática**. São Paulo: USP, 2001.

TAVARES, A.C; SILVA, A.C.F. Urbanização, chuvas de verão e inundações: uma análise episódica. **Climatologia e Estudos da Paisagem**. Rio Claro. v. 3, n.1., 2008.

TEHRANY, M.; LEE, M.; PRADHAN, B.; et. al. Flood susceptibility mapping using integrated bivariate and multivariate statistical models, **Environmental Earth Sciences**, v. 72 (10), p. 4001-4015, 2014.

TEIXEIRA, M. A. N. **Reposição da permeabilidade dos solos – desafios para o urbanismo futuro**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 2005.

TRAJANO, S. R. R. da S. et al. **Análise Morfométrica de Bacia Hidrográfica: Subsídio à Gestão Territorial Estudo de Caso no Alto e Médio Mamanguape**. Embrapa Gestão Territorial-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E), 2012.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: FIBGE, Secretaria de Planejamento da Presidência da República, 97p, 1977.

TUCCI, C. E. M. **Drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH- Editora UFRGS, 1ª Ed., 1995.

TUCCI, C. E. M. Coeficiente de escoamento e vazão máxima de bacias urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, volume 5, nº 1, p.61-68, 2000.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: ABRH- Editora UFRGS, 3ª ed., p. 621-658, 2002.

TUCCI, C. E. M. Inundações e drenagem urbana. **Inundações Urbanas na América do Sul**, Porto Alegre: ABRH, p. 45-129, 2003.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, v. 22(63), p. 97-112, 2008.

TUNDISI, J. G.. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. **Revista USP**, n. 70, p. 24-35, 2006.

UNISDR – United Nations Office for Disaster Risk Reduction. **Terminology**. Disponível em: <https://www.unisdr.org/we/inform/terminology>. Acesso em 14 mai. 2018.

VENEZIANI, Y. **A abordagem da geomorfologia antropogênica e de modelagens hidrológica e hidráulica na bacia do Córrego Três Pontes (SP) para determinação de picos de vazão e da vulnerabilidade a inundações**. 2014. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

WARD, R. **Floods, A Geographical Perspective**. Macmillan Press, London, 1978.

WOLMAN, M.G.; MILLER, J.P. Magnitude and frequency of forces in geomorphic processes. **Journ. Geol.** 68, p. 54-74, 1960.

XAVIER, T. M. B. S.; XAVIER, A. F. S.; DIAS, M. A. F. D. S. Evolução da precipitação diária num ambiente urbano: o caso da cidade de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 9(1), p. 44-53, 1994.

YANG, X.; DING, J., HOU, H. Application of triangular fuzzy AHP approach for flood risk evaluation and response measures analysis, **Natural Hazards**, v. 68 (2), p. 657-674, 2013.

ZĂVOIANU, I. Morphometry of drainage basins. **Developments in water Science**, 20, Elsevier, 1985.

ZILLI, M. T.; CARVALHO, L.; LIEBMANN, B.; SILVA DIAS, M. A. A comprehensive analysis of trends in extreme precipitation over southeastern coast of Brazil. **International Journal of Climatology**, v. 37(5), p. 2269-2279, 2017.

ANEXOS

ANEXO 1

Documentação submetida à Plataforma Brasil, Ministério da Saúde, para obtenção de aprovação no procedimento de aplicação de questionários semiestruturados para população, nos termos das Resoluções Federais nº 510/2016 e nº 466/2012.

PROJETO DE PESQUISA

APLICAÇÃO DE ENTREVISTAS PARA ESTIMATIVA DE DANOS DECORRENTES DAS INUNDAÇÕES DO CÓRREGO IPIRANGA, SÃO PAULO/SP

ORIENTADORA: ROSANGELA DO AMARAL

ALUNO (A): ALINE RODRIGUES DOS SANTOS

1. INTRODUÇÃO

É indiscutível que as alterações impostas pelos homens no meio urbano desencadeiam ou aceleram os processos geomorfológicos, descaracterizando, muitas vezes, o meio físico original. Essas alterações causam danos ambientais e consequências, como os escorregamentos, as inundações, entre outros. Em última análise, essas consequências causam riscos e prejuízos sociais e econômicos ao próprio homem (GOUDIE, 1994; GUERRA e MARÇAL, 2006; SZABÓ et al, 2010; MOROZ-CACCIA GOUVEIA, 2010, LEOPOLD et. al. 1964).

Na Grande São Paulo inúmeras áreas são atingidas todos os anos, principalmente no verão, com as chuvas intensas. A ocorrência das inundações e enchentes nas áreas urbanas tem sido intensificada pela impermeabilização dos solos, pela ocupação das planícies e também pelas alterações antrópicas nos cursos d'água, como retificações e canalizações.

Para avaliar a probabilidade de ocorrência de inundações é importante analisar a combinação entre os condicionantes naturais e antrópicos (AMARAL e RIBEIRO, 2009). Para fins de planejamento territorial, os estudos de inundação devem contemplar também dados referentes à frequência e magnitude dos processos (WOLMAN e MILLER, 1960).

Atualmente ainda existe a carência de dados contínuos, sistemáticos e acessíveis que possibilitem análises de longo prazo para subsidiar os estudos de inundação. Nesse aspecto, dados históricos podem auxiliar na estimativa da frequência das inundações em um determinado local. Esses dados podem ser obtidos em consulta aos meios de comunicação (como jornais) ou fontes oficiais (órgãos públicos). Entretanto, pouco se consegue estimar a respeito da magnitude desses eventos, como por exemplo, a quantidade de residências, indústrias ou comércios afetados e quais os prejuízos causados.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
INSTITUTO GEOLÓGICO

Para suprir essas informações se propõe a aplicação de entrevistas em áreas previamente identificadas como afetadas recorrentemente por inundações do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP.

2. OBJETIVO

O objetivo deste projeto é promover a aplicação de entrevistas em áreas identificadas previamente como afetadas recorrentemente por inundações na bacia hidrográfica do Córrego Ipiranga, localizado na zona sul de São Paulo/SP, para avaliar a abrangência territorial dessas inundações e quais foram os prejuízos causados.

O questionário deverá abordar a frequência dos eventos, a elevação máxima que a água já alcançou (volume) e a estimativa de danos materiais.

Esse projeto é integrante do Projeto do Instituto Geológico, denominado “Análise integrada do ambiente urbano e as inundações recorrentes: caso da Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP”.

3. JUSTIFICATIVAS

A utilização de áreas de várzea é histórica e está ligada à grande dificuldade de escoamento de mercadorias no passado, quando se utilizava o rio como meio de transporte principal. Assim, as cidades se desenvolveram às margens dos rios e no litoral. Com o crescimento desordenado e acelerado das cidades, as várzeas foram sendo cada vez mais ocupadas e impermeabilizadas, apresentando como consequências prejuízos econômicos e humanos (TUCCI, 2002, TAVARES e SILVA, 2008).

Atualmente as inundações constituem um dos principais tipos de desastre natural, em termos de frequência de ocorrências e em quantidade de pessoas afetadas. A ocorrência das inundações está relacionada às condições meteorológica e hidrológica, mas também é influenciada pelos fatores naturais e antrópicos. Os estudos para prever inundações exigem dados coletados em longo prazo e ainda estão sujeitos a falhas em anos atípicos e situações de chuvas extremas. De acordo com o EM-DAT (2014) o Brasil é um dos países do mundo mais atingidos pelas inundações.

No município de São Paulo, a Bacia do Córrego Ipiranga, denominado historicamente de Riacho do Ipiranga, localizado entre os Bairros da Água Funda e Ipiranga, na zona sul do Município de São Paulo, registra anualmente grandes inundações, que geram como consequência diversos transtornos, prejuízos sociais e econômicos. Às margens do Córrego estão situadas as Avenidas Dr. Ricardo Jafet e Prof. Abraão de Moraes, vias que ligam a zona sul ao centro da cidade, e apresentam grande fluxo de veículos, e instalação de infraestrutura de comércio e residências.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
INSTITUTO GEOLÓGICO

O Córrego Ipiranga é um dos principais afluentes do Rio Tamanduateí, e tem passado por diversas intervenções em seu curso. A primeira intervenção que se tem registro data de 1922. Sua extensão aproximada é de 11 km e sua área de contribuição corresponde a 23 km². Deste total, 82% estão urbanizados e os 18% restantes são representados pelo remanescente de mata do Parque Fontes do Ipiranga, onde estão as nascentes do córrego.

4. PROCEDIMENTOS TÉCNICOS E METODOLÓGICOS

Para promover a aplicação de entrevistas em áreas afetadas por inundações na bacia hidrográfica do Córrego Ipiranga, localizado na zona sul de São Paulo/SP, foi previamente realizado um levantamento em meios de comunicação locais e regionais para avaliar quais os locais são mais frequentemente atingidos.

Como as informações presentes em jornais ou fontes oficiais não trazem os detalhes a respeito da abrangência ou prejuízos decorrentes desses eventos elaborou-se questionário preliminar para entrevista aos moradores ou trabalhadores dessas áreas-foco.

O questionário deverá abordar a frequência dos eventos, a elevação máxima que a água já alcançou (volume) e a estimativa de danos materiais.

Os locais previamente identificados como áreas com inundações recorrentes são pontos ao longo das avenidas Prof. Abraão de Moraes (Saúde), Dr. Ricardo Jafet e Teresa Cristina (Ipiranga), dos quais serão elegidas algumas áreas-foco.

A metodologia de pesquisa qualitativa deve seguir o proposto por DUARTE (2004), BONI e QUARESMA (2005), FRASER e GONDIM(2004) e GODOY (1995).

As entrevistas semiestruturadas deverão seguir modelo proposto, podendo ser complementadas a partir de levantamentos sobre dados qualitativos e aplicação de entrevistas. A partir da definição das áreas-foco será definida a representatividade amostral.

Caso sejam encontrados sinais identificáveis de atingimento de água nas residências ou construções de modo geral, devem ser fotografados, sua altura medida com trena a partir do solo, e anotado o registro do ponto com GPS.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
INSTITUTO GEOLÓGICO

MODELO DE ENTREVISTA PARA LEVANTAMENTO DE DADOS DE INUNDAÇÃO NA BACIA DO
CÓRREGO IPIRANGA

IDENTIFICAÇÃO	
Nome:	Idade:
Endereço:	
Setor: ☐ Residencial ☐ Comércio ☐ Indústria	
GPS:	
Tipo de construção: ☐ Alvenaria ☐ Madeira ☐ Blocos ☐ Mista ☐ Outros	

DADOS DE FREQUÊNCIA		
Há quanto tempo mora/trabalha no local?		
☐ +/- 10 anos	☐ +/- 20 anos	☐ +/- 30 anos
Quantos eventos de inundação já ocorreram nesse período?		
Desses eventos, quantos chegaram a atingir sua residência/local de trabalho?		

DADOS DE ELEVAÇÃO MÁXIMA / VOLUME			
Qual o nível da água em sua residência/local de trabalho?			
☐ < 0,40 m	☐ entre 0,40 e 0,80 m	☐ entre 0,80 e 1,20 m	☐ > 1,20 m
Em média, quantas horas se passaram até a água baixar?			
☐ Alguns minutos ☐ Algumas horas ☐ Não recorda ☐ Outra			
Qual a extensão da inundação?			
☐ Rua ☐ Ruas e veículos ☐ Rua e casas/comércios/indústria ☐ Parte do bairro ☐ Outra			

DADOS DE DANOS MATERIAIS				
Houve perdas/danos materiais na residência/trabalho? ☐ Sim ☐ Não				
Tipo de dano: ☐ Estrutura ☐ Bens/Estoques ☐ Área externa ☐ Limpeza				
Para atividades comerciais/industriais: Atividades foram paralisadas? ☐ Sim ☐ Não				
Qual a estimativa das perdas?				
☐ < 1 SM	☐ entre 1 e 2 SM	☐ entre 2 e 4 SM	☐ > 5 SM	☐ > 10 SM
Houve ressarcimento pelo Poder Público?				
☐ nenhum	☐ parcial	☐ total

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
INSTITUTO GEOLÓGICO

Após conclusão do levantamento, os dados deverão ser tabulados para análise estatística que envolvam os parâmetros de magnitude (abrangência) e frequência das inundações na bacia, no *software* Excel. Para cada área-foco, deverá ser registrado um ponto de coordenadas e gerado um mapa de localização no *software* Google Earth® ou ArcMap®.

A magnitude do evento de inundação registrado será classificada conforme proposto por SCHROEDER et. al. (2016), compilado na Tabela a seguir:

Magnitude	Impactos verificados
1 – Baixa	Águas atinge áreas de agricultura ou lazer.
2 – Moderada	Águas interrompem fluxo em ruas e rodovias.
3 – Séria	Veículos, casa e construções em geral são atingidos pelas águas. Pode haver danos em ruas e pontes.
4 – Severa	Veículos arrastados pelas águas.
5 – Catastrófica	Construções e infraestruturas submersas. Casas destruídas pela força das águas.

5. CRONOGRAMA

O cronograma de atividades compreende o período entre o 2º semestre de 2018 e 1º semestre de 2019, de acordo com as etapas a seguir:

Atividade/consulta	2018			2019		
	Jul/Ago	Set/Out	Nov/Dez	Jan/Fev	Mar/Abr	Mai/Jun
Levantamento metodológico						
Determinação de áreas-foco						
Estruturação das entrevistas						
Aplicação de entrevista-piloto						
Relatório parcial						
Aplicação das entrevistas nas áreas-foco

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
INSTITUTO GEOLÓGICO

Atividade/consulta	2018			2019		
	Jul/Ago	Set/Out	Nov/Dez	Jan/Fev	Mar/Abr	Mai/Jun
Elaboração das análises dos resultados estatísticos						
Relatório final						

Os relatórios parcial e final devem ser entregues em Janeiro/2019 e Julho/2019, respectivamente.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
INSTITUTO GEOLÓGICO

6. REFERÊNCIAS

- AMARAL, R.; RIBEIRO, R. R. Inundações e enchentes. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Org.) Desastres naturais: conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.
- BONI, V.; QUARESMA, S. J. Aprendendo a entrevistar: como fazer entrevistas em Ciências Sociais. Em Tese, v. 2, n. 1, p. 68-80, 2005. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/emtese/article/view/18027/16976>, acesso em 01/06/2018.
- DUARTE, R. Pesquisa qualitativa: reflexões sobre o trabalho de campo. Cadernos de pesquisa, (115), 139-154, 2002. Disponível em: <http://www.redalyc.org/html/1550/155017717012/>, acesso em 01/06/2018.
- EM-DAT - The International Disasters Database, Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), 2014. Disponível em: <http://www.emdat.be/>, acesso em 29/09/2014.
- FRASER, M. T. D.; GONDIM, S. M. G. Da fala do outro ao texto negociado: discussões sobre a entrevista na pesquisa qualitativa, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/paideia/v14n28/04.pdf/>, acesso em 01/06/2018.
- GODOY, A. S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. Revista de administração de empresas, v. 35, n. 2, p. 57-63, 1995. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rae/v35n2/a08v35n2.pdf>, acesso em 01/06/2018.
- GOUDIE, A. The human impact on the natural environment, Ed. MIT Press, Great Britain, 1994.
- GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. Geomorfologia ambiental. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.
- LEOPOLD, L.; WOLMAN, M.G.; MILLER, J.P. Fluvial processes in Geomorphology. San Francisco: W.H. Freeman and Co., 1964.
- MOROZ-CACCIA GOUVEIA, I. C. Da originalidade do sítio urbano de São Paulo às formas antrópicas: aplicação da abordagem da Geomorfologia Antropogênica na Bacia Hidrográfica do Rio Tamanduateí, na Região Metropolitana de São Paulo. Tese de Doutorado. PhD Thesis, Dep. Geogr., Univ. São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-31012011-123012/pt-br.Php>, acesso em 17/06/2015.
- SCHROEDER, A.; GOURLEY, J.; HARDY, J. et. al. The development of a flash flood severity index, Journal of Hydrology, v. 541, p. 523-532, 2016.
- SZABÓ, J.; DÁVID, L.; LÓCZY, D. Anthropogenic Geomorphology – A Guide to Man-Made Landforms. New York: Springer, 2010.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
INSTITUTO GEOLÓGICO

TAVARES, A.C; SILVA, A.C.F. Urbanização, chuvas de verão e inundações: uma análise episódica. Climatologia e Estudos da Paisagem. Rio Claro. Vol. 3, n.1, 2008.

TUCCI, C.E.M. Hidrologia Ciência e Aplicação. Porto Alegre: ABRH- Editora UFRGS, 3ª ed., p. 621-58, 2002.

WOLMAN, M.G.; MILLER, J.P. Magnitude and frequency of forces in geomorphic processes. Journ. Geol. 68, p. 54-74, 1960.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE
SUBSECRETARIA DE MEIO AMBIENTE
INSTITUTO GEOLÓGICO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título da pesquisa: “Aplicação de entrevistas para estimativa de danos decorrentes das inundações do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP”

Responsáveis: Rosangela do Amaral e Aline Rodrigues dos Santos

Número do CAEE: 07900819.2.0000.0086

Você está sendo convidado a participar como voluntário de uma pesquisa. Este documento, chamado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, visa assegurar seus direitos como participante e é elaborado em duas vias, uma que deverá ficar com você e outra com o pesquisador.

Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para esclarecer suas dúvidas. Se houver perguntas antes ou mesmo depois de assiná-lo, você poderá esclarecê-las com o pesquisador. Se preferir, pode levar este Termo para casa e consultar seus familiares ou outras pessoas antes de decidir participar.

Para participar desse estudo você deve dispor de cerca de 10 minutos para responder a um questionário sobre inundações que já ocorreram em sua casa ou seu trabalho.

As entrevistas serão aplicadas presencialmente, nos próprios locais onde já foram registradas ocorrências de inundações. O período previsto para realização das entrevistas nos locais é ao longo dos meses de Abril e Maio de 2019. As entrevistadoras estarão identificadas com colete do Instituto Geológico.

Os riscos da sua participação se referem aos possíveis desconfortos que você possa sentir em relação aos registros fotográficos em sua residência ou local de trabalho, de objetos e bens estragados em função das inundações. Você terá a garantia do sigilo dos dados que te identificam (nome, endereço e outros dados pessoais) e poderá concordar ou não em autorizar esses registros.

Não haverá nenhum tipo de penalização ou prejuízo se você não aceitar participar ou retirar sua autorização em qualquer momento.

As entrevistas não terão custo para a Instituição, ou seja, você não receberá nenhum pagamento, e também não deverá pagar nenhuma taxa por sua participação, uma vez que é estritamente voluntária.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE
SUBSECRETARIA DE MEIO AMBIENTE
INSTITUTO GEOLÓGICO

Justificativa e Objetivos

O Instituto Geológico tem como missão a geração de conhecimento sobre o meio físico, por meio do desenvolvimento de estudos e pesquisas, disseminação e aplicação dos resultados, e prestação de serviços à comunidade, para dar suporte à gestão ambiental, ao desenvolvimento sustentável, à implementação de políticas públicas e à definição de políticas de Ciência e Tecnologia e de Inovação Tecnológica.

O projeto de pesquisa de Iniciação Científica denominado é parte integrante do projeto “Análise integrada do ambiente urbano nas inundações recorrentes: caso da Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, desenvolvida pelo Instituto, com previsão de conclusão em dezembro de 2020. Os resultados da pesquisa devem ser publicados em meios de divulgação científico, com o objetivo de identificar, localizar os problemas e apontar caminhos para as governanças públicas resolvê-los em benefício da população.

A aplicação das entrevistas tem como objetivo levantar dados sobre as inundações ocorridas nos últimos anos em diversos locais ao longo do Córrego Ipiranga para estimar a quantidade de comércios, indústrias e residências atingidos e afetados e os prejuízos causados. Caso tenha marcas da água em sua propriedade, poderemos registrá-las para demonstrar os impactos das inundações no local.

Os dados coletados serão tabulados e estudados para dar origem ao Relatório de Iniciação Científica, que, a partir de Junho de 2020, deverá ser publicado e ficará disponível na página digital do Instituto Geológico (<http://igeologico.sp.gov.br>). Outras publicações da instituição também ficam disponíveis e podem ser acessadas no endereço: <http://igeologico.sp.gov.br/publicacoes/livros-e-colecoes/livros-e-audiolivros/>

Agradecemos sua participação.

Maiores informações com a Pesquisadora Responsável, Rosângela do Amaral, pelo e-mail: roamaral@sp.gov.br ou pelo telefone (11) 5073-5511 r. 2068

Em caso de dúvidas ou denúncias quanto às questões éticas do estudo, entrar em contato com CEP/SMS (Comitê de Ética em Pesquisa – Secretaria Municipal de Saúde de São Paulo/SP) pelo e-mail: smscep@gmail.com ou pelo telefone (11) 3397-2464.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE
SUBSECRETARIA DE MEIO AMBIENTE
INSTITUTO GEOLÓGICO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título da pesquisa: “Aplicação de entrevistas para estimativa de danos decorrentes das inundações do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP”

Responsáveis: Rosângela do Amaral e Aline Rodrigues dos Santos

Número do CAEE: 07900819.2.0000.0086

Eu _____

Após ter sido devidamente esclarecido, concordo em:

() participar do estudo e () autorizar o uso de imagem.

Data: ____/____/____ Assinatura: _____

Desejo receber por meio digital o relatório da pesquisa:

() Sim () Não

E-mail: _____

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: APLICAÇÃO DE ENTREVISTAS PARA ESTIMATIVA DE DANOS DECORRENTES DAS INUNDAÇÕES DO Córrego Ipiranga, SÃO PAULO/SP

Pesquisador: ROSANGELA DO AMARAL

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 07900819.2.0000.0086

Instituição Proponente: SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

Patrocinador Principal: MINISTERIO DA CIENCIA, TECNOLOGIA E INOVACAO

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.263.879

Apresentação do Projeto:

O protocolo de pesquisa é integrante do Projeto do Instituto Geológico, denominado “Análise integrada do ambiente urbano e as inundações recorrentes: caso da Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP”.

No município de São Paulo, a Bacia do Córrego Ipiranga, denominado historicamente de Riacho do Ipiranga, localizado entre os Bairros da Água Funda e Ipiranga, na zona sul do Município de São Paulo, registra anualmente grandes inundações, que geram como consequência diversos transtornos, prejuízos sociais e econômicos.

Para promover a aplicação de entrevistas em áreas afetadas por inundações na bacia hidrográfica do Córrego Ipiranga foi previamente realizado um levantamento em meios de comunicação locais e regionais para avaliar quais os locais são mais frequentemente atingidos.

Como as informações presentes em jornais ou fontes oficiais não trazem os detalhes a respeito da abrangência ou prejuízos decorrentes desses eventos elaborou-se um questionário preliminar para entrevista aos trabalhadores ou moradores dessas áreas foco, em um total de 60 indivíduos.

O questionário deverá abordar a frequência dos eventos, a elevação máxima que a água já alcançou (volume) e a estimativa de danos materiais.

As entrevistas semiestruturadas deverão seguir modelo proposto, podendo ser complementadas a partir de levantamentos sobre dados qualitativos e aplicação de entrevistas.

Endereço: Rua General Jardim, 36 - 8º andar

Bairro: Vila Buarque

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3397-2464

CEP: 01.223-010

E-mail: smscep@gmail.com

Continuação do Parecer: 3.263.879

A partir da definição das áreas foco, será definida a representatividade amostral.

Caso sejam encontrados sinais identificáveis de atingimento de água nas residências ou construções de modo geral, devem ser fotografados, sua altura medida com trena a partir do solo, e anotado o registro do ponto com GPS.

Foi apresentado o relatório parcial do projeto o qual em resumo informa sobre o mapeamento das áreas foco para a aplicação dos questionários a indivíduos de indústrias e/ou comércios e de domicílios.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário

Promover a aplicação de entrevistas em áreas identificadas previamente como afetadas recorrentemente por inundações na bacia hidrográfica do Córrego Ipiranga, localizado na zona sul de São Paulo/SP, para avaliar a abrangência territorial dessas inundações e quais foram os prejuízos causado.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Foram adequadamente analisados riscos e benefícios da pesquisa.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A metodologia descrita está adequada aos objetivos propostos.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

A Folha de Rosto está corretamente preenchida, foram identificadas instituição proponente e coparticipante, autorização para realização da pesquisa foi adequadamente apresentada.

TCLE, Cronograma, orçamento detalhado e fonte financiadora estão adequados.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Sem pendências ou inadequações.

Considerações Finais a critério do CEP:

Para início da coleta dos dados, o pesquisador deverá se apresentar na mesma instância que autorizou a realização do estudo (Coordenadoria, Supervisão, SMS/Gab, etc).

Salientamos que o pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado. Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Lembramos que esta modificação necessitará de aprovação ética do CEP antes de ser implementada.

De acordo com a Res. CNS 466/12, o pesquisador deve apresentar os relatórios parciais e final

Endereço: Rua General Jardim, 36 - 8º andar

Bairro: Vila Buarque

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3397-2464

CEP: 01.223-010

E-mail: smscep@gmail.com

Continuação do Parecer: 3.263.879

através da Plataforma Brasil, ícone Notificação. Uma cópia digital (CD/DVD) do projeto finalizado deverá ser enviada à instância que autorizou a realização do estudo, via correio ou entregue pessoalmente, logo que o mesmo estiver concluído.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1297455.pdf	26/03/2019 13:05:36		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_rev2.pdf	26/03/2019 13:04:16	ROSANGELA DO AMARAL	Aceito
Outros	Respostas_v2.pdf	26/03/2019 12:55:39	ROSANGELA DO AMARAL	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_IG_rev.pdf	21/03/2019 12:51:58	ROSANGELA DO AMARAL	Aceito
Outros	Esclarecimentos.pdf	21/03/2019 12:51:33	ROSANGELA DO AMARAL	Aceito
Folha de Rosto	FolhaRostoIG.pdf	13/02/2019 14:15:41	ROSANGELA DO AMARAL	Aceito
Outros	Formularios_entrevistas.pdf	13/02/2019 11:37:14	ROSANGELA DO AMARAL	Aceito
Outros	Relatorio_Parcial_2018_2019_Aline.pdf	13/02/2019 11:32:13	ROSANGELA DO AMARAL	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Original_PIBIC.pdf	13/02/2019 11:31:19	ROSANGELA DO AMARAL	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_modelo.pdf	13/02/2019 11:22:33	ROSANGELA DO AMARAL	Aceito
Cronograma	Cronograma_adaptado.pdf	13/02/2019 11:12:40	ROSANGELA DO AMARAL	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Rua General Jardim, 36 - 8º andar
Bairro: Vila Buarque
UF: SP **Município:** SÃO PAULO
Telefone: (11)3397-2464

CEP: 01.223-010

E-mail: smscep@gmail.com

Continuação do Parecer: 3.263.879

SAO PAULO, 13 de Abril de 2019

Assinado por:
SIMONE MONGELLI DE FANTINI
(Coordenador(a))

Endereço: Rua General Jardim, 36 - 8º andar
Bairro: Vila Buarque
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)3397-2464

CEP: 01.223-010

E-mail: smscep@gmail.com

ANEXO 2

Eventos de inundação registrados na Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, ao longo do período entre 1965 a 2017.

ANEXO 2: Eventos de inundação registrados na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, ao longo do período 1965 a 2017.

DATA	LOCAL	FONTE	Notícia / Ocorrência	Acumulado em 72 horas (mm)	Chuva na data do evento (mm)	Chuva do evento (mm)	Duração do evento (minutos)	Horário de início da chuva	Horário de final da chuva	Pico da chuva (mm)	Horário	Duração (minutos)	Fluviometria (altura da lâmina d'água)	Posto	Nível de atingimento	Observ.
08/12/1965	Av. Teresa Cristina	Estadão	Obras serão realizadas no Córrego Ipiranga devido inundações na Av. Teresa Cristina	100,3	58,2											Data da ocorrência estimada
01/01/1966	Rua dos Patriotas	Estadão	Inundações devem continuar na região do Ipiranga	46,7	25,5											Data da ocorrência estimada
20/01/1968	Bairro do Ipiranga	Estadão	Temporal atinge vários bairros da capital	93,2	77,1	77	212	16	19	62,8	16-17	52				
22/01/1968	Av. Tereza Cristina, Rua Tabor	Folha de São Paulo	Água invade lojas e residências, prejudica comércio no bairro do Ipiranga	92,2	9,3										> 1,50 m	
15/02/1968	Av. Tereza Cristina, ruas Cipriano Barata e Agostinho Gomes	Estadão	Águas subiram cerca de 1,40 m na região do Ipiranga	50,8	41,7	24,3	280	9	15	17,5	13-14	45			> 1,40 m	Data da ocorrência estimada
23/02/1968	Av. Tereza Cristina, Rua Cipriano Barata, rua Agostinho Gomes, Rua Cel Diogo	Folha de São Paulo	Águas invadiram casas e comércios na região da Av. Teresa Cristina	49,8	27,9	27,9									> 1,40 m	Data da ocorrência estimada
15/05/1968	Av. Tereza Cristina	Estadão	Obras na Av. Tereza Cristina	39,3	39,3	37,5	365	17	23	10	19-20	60			> 1,40 m	Data da ocorrência estimada
24/02/1971	Av. Água Funda, próximo esquina com a rua Bicudo de Brito. Arredores do Rio Tamanduateí, Rua Agostinho Gomes, Rua Cipriano Barata	Folha de São Paulo	Famílias desabrigadas, trânsito interrompido, paralisação da atividade industrial próx. Tamanduateí	93,1	49,1										> 1,20 m	
03/10/1972	Av. Tereza Cristina, Rua Almirante Pestana, Rua Guarda da Honra, Vila Cristália	Folha de São Paulo	150 famílias desabrigadas	70,5	70,4	67,3	630	7	17	16,1	07-08	60			> 0,80 m	
30/11/1975	Rua Cipriano Barata, Rua General Eugênio de Melo, Agostinho Gomes, Almirante Pestana, Paulo Barbosa, Coronel Frias, Av. Tereza Cristina, Av. do Estado.	Folha de São Paulo	Casas na margem esquerda do Córrego Ipiranga são atingidas pela inundação	89,4	67,1	66,6	770	0	12	16,7	1-2	60				
29/01/1976	R. Cipriano Barata, Av. Tereza Cristina	Estadão	O volume do Rio Tamanduateí fez pressão na foz de diversos afluentes, como o Ipiranga que transbordou na Av. Teresa Cristina	129,3	97,8											Data da ocorrência estimada

DATA	LOCAL	FONTE	Notícia / Ocorrência	Acumulado em 72 horas (mm)	Chuva na data do evento (mm)	Chuva do evento (mm)	Duração do evento (minutos)	Horário de início da chuva	Horário de final da chuva	Pico da chuva (mm)	Horário	Duração (minutos)	Fluviometria (altura da lâmina d'água)	Posto	Nível de atingimento	Observ.
07/02/1976	Av. Tereza Cristina	Folha de São Paulo	Quase 12 hrs para desobstruir Av. Tereza Cristina; moradores pedem isenção de impostos	127,5	43,8											
05/11/1978	Córrego Ipiranga	Estadão		151,5	61,7	60,8	714	4	16	15,4	9-10	60				Data da ocorrência estimada
19/02/1980	Avenidas Teresa Cristina, Alexandre Levi, Alpes, Pescadores, Ana Neri, Piquerubi, Paulo Barbosa e Hipólito Soares	Estadão	60 pessoas desabrigadas	154,8	79,6	79,4	695	11	23	18,4	20-21	60				Data da ocorrência estimada
09/11/1981	Av. Tereza Cristina, Av. Ricardo Jafet.	Estadão	Chuva em São Paulo provoca transbordamento dos rios e consequentemente alagamentos em vários pontos da cidade	40,7	40,7	38,6	330	15	23	11,7	16-17	30				
13/02/1985	Av. Dr. Ricardo Jafet, Coronel Diogo e Praça do Monumento.	Estadão	Alagamentos Av. Dr. Ricardo Jafet	60	38	37,9	210	17	21	33,6	18-19	60				
21/03/1990	Av. Dr. Ricardo Jafet, Av. Prof. Abraão de Moraes. Trecho entre ruas Coronel Diogo e Francisco Tapajós completamente alagado.	Estadão	Pontos críticos de alagamento	75,8	45,3	45,1	330	14	19	27,6	15-16	60				
05/03/1991	Av. Dr. Ricardo Jafet, 273	Estadão	Córrego Ipiranga inunda várias casas	86,5	8,8										> 1,50 m	
16/04/1991	Ruas Mongóis, D. Valverde e Ricardo Jafet	Estadão	Ruas Mongóis, D. Valverde e Ricardo Jafet inundadas pela 12ª vez este ano. Inundação atingiu 2 bairros.	42,1	25,4	24,3	252	16	20	17	16-17	42			> 1,80 m	
13/01/1995	Av. Dr. Ricardo Jafet até nº 800	Estadão	Chuvas fortes provocaram mais uma enchente na Av. Dr. Ricardo Jafé	85,8	40,8	40,8	70	14	15	40,3	14-15	40			> 1,50 m	
01/02/1995	Av. Abraão de Moraes e Av. Dr. Ricardo Jafet	Folha de São Paulo	Av. Abraão de Moraes e Av. Dr. Ricardo Jafet interditadas	49,9	32,4	32,4	185	16	19	21,9	17-18	60				
16/02/1995	Av. Dr. Ricardo Jafet com Rua Paulo Bregaro	Folha de São Paulo	Ruas intransitáveis	25,1	24,6	24,6	55	20	21	19,7	20-21	15				
15/01/1996	Av. Prof. Abraão de Moraes	Folha de São Paulo	Avenidas alagadas	44	35,9	35,9	240	13	16	35,3	13-14	60				
04/02/1996	Av. Prof. Abraão de Moraes e Dr. Ricardo Jafet	Folha de São Paulo	Alagamentos em avenidas e trânsito interditado	35,2	31,2	23,2	80	16	17	15,2	17-18	60				Data da ocorrência estimada

DATA	LOCAL	FONTE	Notícia / Ocorrência	Acumulado em 72 horas (mm)	Chuva na data do evento (mm)	Chuva do evento (mm)	Duração do evento (minutos)	Horário de início da chuva	Horário de final da chuva	Pico da chuva (mm)	Horário	Duração (minutos)	Fluviometria (altura da lâmina d'água)	Posto	Nível de atingimento	Observ.
27/02/1996	Indústria Branner Equipamentos Industriais	Folha de São Paulo	Indústria tem prejuízo com inundação do Ipiranga	115,2	46	43,6	210	14	18	27,5	14-15	40			> 2,20 m	
19/03/1996	Av. Prof. Abraão de Moraes	Folha de São Paulo	Córrego Ipiranga transbordou; 16 mil pessoas sem energia elétrica	64,8	53,9	42,5	145	18	20	40,6	18-19	60				
12/01/2000	Av. Abraão de Moraes e Av. Dr. Ricardo Jafet	Folha de São Paulo	1 morte, carros arrastados	135,4	117,1	117,1	253	16	20	77,4	17-18	60			> 1,50 m	
12/11/2002	Córrego Ipiranga	Folha de São Paulo	5 horas de chuva e transbordamento do Córrego Ipiranga	59,4	43,6	40,3	255	5	9	19,8	6-7	60				
04/04/2004	Av. Dr. Ricardo Jafet	Folha de São Paulo	Av. Dr. Ricardo Jafet intransitável	54	54	54	170	14	17	43,7	14-15	55				
07/01/2007	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	TRANSBORD.	23,2	19,8	17,4	105	17	19	16,7	17-18	45				
25/02/2007	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	TRANSB	46,7	46,7	46,6	185	14	20	26	17-18	60				
14/03/2007	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	TRANSB.	101,7	56,4	56,3	200	16	20	40,8	16-17	35				
21/02/2008	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	TRANSB. CORR.IPIRANGA	118,3	112,8	112,8	250	17	24	96	18-20	90				
03/04/2008	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	TRANSB. DO CORR. IPIRANGA	40,5	35	35	340	9	17	11,4	15-16	60				
17/03/2009	Av. Prof. Abraão de Moraes com Av. Gen. Chagas Santos	Folha de São Paulo	Água chega a 2 m	145,5	139,3	139,3	370	14	20	74,1	15-16	60			> 2,00 m	
26/11/2009	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	TRANSB. DO IPIRANGA	86,7	49,8	49,7	460	14	23	32,2	16-18	120				
09/01/2010	Próximo Av. Ricardo Jafet	Ipiranga News	Água invade casas	67,7	29,6	29,5	65	16	17	22,4	16-17	25			> 0,4 m	
21/01/2010	Av. Tereza Cristina, rua Agostinho Gomes, Rua Cipriano Barata, Rua Costa Aguiar, a partir da Rua Cônego Januário estavam alagadas. Pontos mais afetados: Rua Agostinho Gomes, Cônego Januário, Guarda da Honra, Paulo Barbosa e Hipólito Soares.	Ipiranga News	Água invade casas	133,8	91,1	81,7	290	21	4	51,6	0-1	60	732,35	P275	> 0,40 m	início da chuva 20/01
24/01/2010	Av. Prof. Abraão de Moraes com Av. Bosque da Saúde	Folha de São Paulo	Pontos de alagamento. Avenida interditada por 30 minutos.	62,9	43,7	41	425	12	21	29,9	13-14	60				
04/02/2010	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	Transbordamento	100	97,2	97,2	125	14	17	74,6	15-16	60				
17/02/2010	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	Transbordamento	67,2	51,4	49,4	140	17	21	45,7	18-19	60				
30/11/2010	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	tranb. ipiranga	56,3	50,8	50,8	145	13	17	28,4	14-15	60				
14/01/2011	Rua Roberto Melli, Rua Dr.Odilon, Rua São Caminé, Rua Forte de Itaipu	Ipiranga News	Água invade casas, moradores perdem móveis, documentos.	125,1	97,8	97,8	290	11	17	37,5	13-14	40			> 0,40 m	

DATA	LOCAL	FONTE	Notícia / Ocorrência	Acumulado em 72 horas (mm)	Chuva na data do evento (mm)	Chuva do evento (mm)	Duração do evento (minutos)	Horário de início da chuva	Horário de final da chuva	Pico da chuva (mm)	Horário	Duração (minutos)	Fluviometria (altura da lâmina d'água)	Posto	Nível de atingimento	Observ.
15/02/2011	Av. Ricardo Jafet, Tereza Cristina e ruas ao redor	Ipiranga News	Carros submersos, posto de gasolina alagado.	57	50,1	49,7	160	14	19	46	15-16	60	728,2	P275	> 1,00 m	
16/02/2011	Av. Ricardo Jafet e ruas ao redor.	Ipiranga News	Água invade casas, carros submersos, Avenidas intransitáveis por horas.	95,6	38,6	38,6	340	14	21	21,5	16-17	60	732,8	P275	> 1,00 m	
21/02/2011	Av. Tereza Cristina, Av. Ricardo Jafet e ruas que as cercam.	Ipiranga News	Água invade residências e comércios, causando perda de móveis e prejuízos a veículos. Bairro sem energia elétrica e queda de árvores. Carros arrastados pela água.	62,8	40,6	40,6	160	13	16	38,9	14-15	60	732,76	P275	> 1,60 m	
15/12/2011	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	Transbordamento	118,1	57	105,9	290	22	3	53,7	22-23	50				início da chuva dia 14/12
17/01/2012	Córrego Ipiranga	Folha de São Paulo	Córrego Ipiranga transbordou	68,3	36,8	35,1	205	13	18	29,3	14-15	60				
25/01/2012	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	Transbordamento	46,9	18,2	18,2	45	15	17	15,4	16-17	40				
12/11/2012	TERESA CRISTINA, AV.	CGE	TRANSBORDAMENTO	105,2	57,8	57,8	535	2	14	23,9	6-7	60	727,76	P275		
09/03/2013	Rua Cel. Diogo com Av. Dr. Ricardo Jafet	SAISP	Extravasamento	88	43	45	395	19	1	15	19-20	60	732,68	P275	> 0,6m	
15/01/2014	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	Transbordamento	66,4	47,9	34,3	280	18	24	29,1	18-19	50				
16/01/2014	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	REFLUXO/TRANSBORDAMENTO	99,4	42,5	42,3	120	13	16	37,9	13-14	45				
24/01/2014	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	TRANSBORDAMENTO	56,5	37,9	37,8	130	15	18	24,9	15-16	60				
13/02/2014	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	Transb. do Corr. Ipiranga	26,9	26,8	26,8	240	15	21	15,9	16-17	60				
12/04/2014	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	TRANSBORDAMENTO	51,2	51,2	53,2	295	20	1	25,7	20-21	55	744,037	P563		
22/12/2014	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	TRANSBORDAMENTO	88,7	88,6	88	485	18	3	23,4	18-19	40	747,01	P563		
12/01/2015	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	TRANSBORDAMENTO	17,1	14,3	14,3	90	15	17	7,3	16-17	50	743,97	P563		
14/01/2015	BOSQUE DA SAUDE, AV.	CGE	TRANSBORDAMENTO	52,8	38,4	30,5	130	16	19	27,4	17-18	60	743,972	P563		
27/01/2015	Córrego Ipiranga	Folha de São Paulo	Córrego Ipiranga transbordou	93,6	42,3	42,3	230	18	23	39,5	20-21	60				
06/02/2015	TERESA CRISTINA, AV.	CGE	TRANSBORDAMENTO DO CORR IPIRANGA	78,4	21,1	20,9	320	13	20	10,4	14-15	60	727,68	P275		
11/02/2015	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	TRANSBORDAMENTO	21,5	19,7	20,3	130	21	1	9,9	23-24	50	744,04	P563		
16/03/2015	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	TRANSB CORR IPIRANGA - VEJA AO VIVO	47	38,4	37,5	95	14	17	20	14-15	15	744,03	P563		
19/03/2015	TERESA CRISTINA, AV.	CGE	TRANSBORDAMENTO	28,2	27,7	27,6	195	15	19	21,1	15-16	55	727,60	P275		
08/09/2015	ELISA SILVEIRA, R.	CGE	TRANSBORDAMENTO	95,8	85	85	915	2	22	20,7	16-17	60	745,45	P563		
05/12/2015	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	CAPTA INSUF, REFLUXO, TRANSBORDAMENTO	29,3	29,3	18,3	90	18	20	17,6	18-19	60	748,89	P563	> 0,20 m	
22/12/2015	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	TRANSBORDAMENTO	34,9	31,3	31,2	160	16	19	23,1	17-18	60	749,32	P563	> 0,60 m	
27/01/2016	Praça Leonor Kaupa	SAISP	Extravasamento	39,8	39,3	39,3	335	14	20	27,1	15-16	60	749,04	P563	> 0,40 m	

DATA	LOCAL	FONTE	Notícia / Ocorrência	Acumulado em 72 horas (mm)	Chuva na data do evento (mm)	Chuva do evento (mm)	Duração do evento (minutos)	Horário de início da chuva	Horário de final da chuva	Pico da chuva (mm)	Horário	Duração (minutos)	Fluviometria (altura da lâmina d'água)	Posto	Nível de atingimento	Observ.
15/02/2016	TERESA CRISTINA, AV.	CGE	TRANSBORDAMENTO DE CORREGO IP	74,2	74,2	74,2	575	13	23	45,1	14-15	60	727,54	P275		
15/02/2016	Praça Leonor Kaupa	SAISP	Extravasamento	74,2	74,2	74,2	575	13	23	45,1	14-15	60	749,16	P563	> 0,50 m	
17/02/2016	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	TRANSB. CORREGO IPIRANGA (TELEMÉTRICA)	108,2	32,3	27,4	80	15	17	25,5	15-16	30	749,50	P563	> 0,80 m	
19/02/2016	ABRAÃO DE MORAIS, AV. PROF.	CGE	TRANSB. CORREGO IPIRANGA (TELEMÉTRICA)	79,2	38,6	38,5	115	14	16	33,7	15-16	60	748,94	P563	> 0,30 m	
21/02/2016	Praça Leonor Kaupa	SAISP	Extravasamento	100,4	25	22,5	260	19	23	19,6	20-21	60	748,80	P563	> 0,15 m	
09/03/2016	ABRAHÃO DE MORAES, AV. PROF.	CGE	TRANSBORDAMENTO	35,3	33,3	33,3	100	17	18	25,3	17-18	40	749,01	P563	> 0,30 m	
06/06/2016	Praça Leonor Kaupa	SAISP	Extravasamento	109,8	64,2	47,8	225	13	18	21	17-18	60	749,15	P563	> 0,50 m	
21/12/2016	Praça Leonor Kaupa	SAISP	Extravasamento	33,5	20,8	20,7	205	15	19	18,8	16-17	60	748,79	P563	> 0,10 m	
02/01/2017	Praça Leonor Kaupa	SAISP	Extravasamento	63,6	59,8	59,7	355	14	21	46	16-17	60	748,88	P563	> 0,25 m	
17/01/2017	Praça Leonor Kaupa	SAISP	Extravasamento	115,1	11,8	56,9	480	18	3	32,7	22-23	60	749,19	P563	> 0,50 m	início em 16/01/2017
21/01/2017	Praça Leonor Kaupa	SAISP	Extravasamento	72,2	25,2	21,4	745	16	6	6,9	17-18	60	748,68	P563	> 0,05 m	término em 22/01/2017
24/02/2017	Praça Leonor Kaupa	SAISP	Extravasamento	81,4	73,2	66,4	265	17	21	56,6	17-18	60	749,53	P563	> 0,90 m	
07/04/2017	Praça Leonor Kaupa	SAISP	Extravasamento	103,5	12,6	60,2	390	21	4	37,6	22-23	60	749,20	P563	> 0,50 m	início em 06/04/2017
21/04/2017	Praça Leonor Kaupa	SAISP	Extravasamento	44,3	44,3	44,4	230	16	1	22,2	20-21	60	748,97	P563	> 0,30 m	

Org.: AMARAL, R. (2020)

ANEXO 3

**Quadros integrantes da Lei Municipal nº 16.402/2016 – Parcelamento, uso e
ocupação do solo no Município de São Paulo**

ANEXO 3

ANEXO INTEGRANTE DA LEI Nº 16.402, DE 22 DE MARÇO DE 2016

Quadro 3 - Parâmetros de ocupação, exceto de Quota Ambiental

TIPO DE ZONA		ZONA (a)	Coeficiente de Aproveitamento			Taxa de Ocupação Máxima		Gabarito de altura máxima (metros)	Recuos Mínimos (metros)			Cota parte máxima de terreno por unidade (metros²)
			C.A. mínimo	C.A. básico	C.A. máximo (m)	T.O. para lotes até 500 metros²	T.O. para lotes igual ou superior a 500 metros²		Frente (i)	Fundos e Laterais		
										Altura da edificação menor ou igual a 10 metros	Altura da edificação superior a 10 metros	
TRANSFORMAÇÃO	ZEU	ZEU	0,5	1	4	0,85	0,70	NA	NA	NA	3 (j)	20
		ZEUa	NA	1	2	0,70	0,50	28	NA	NA	3 (j)	40
	ZEUP	ZEUP (b)	0,5	1	2	0,85	0,70	28	NA	NA	3 (j)	NA
		ZEUPa (c)	NA	1	1	0,70	0,50	28	NA	NA	3 (j)	NA
	ZEM	ZEM	0,5	1	2 (d)	0,85	0,70	28	NA	NA	3 (j)	20
		ZEMP	0,5	1	2 (e)	0,85	0,70	28	NA	NA	3 (j)	40
QUALIFICAÇÃO	ZC	ZC	0,3	1	2	0,85	0,70	48	5	NA	3 (j)	NA
		ZCa	NA	1	1	0,70	0,70	20	5	NA	3 (j)	NA
		ZC-ZEIS	0,5	1	2	0,85	0,70	NA	5	NA	3 (j)	NA
	ZCOR	ZCOR-1	0,05	1	1	0,50	0,50	10	5	NA	3 (j)	NA
		ZCOR-2	0,05	1	1	0,50	0,50	10	5	NA	3 (j)	NA
		ZCOR-3	0,05	1	1	0,50	0,50	10	5	NA	3 (j)	NA
		ZCORa	NA	1	1	0,50	0,50	10	5	NA	3 (j)	NA
		ZM	ZM	0,3	1	2	0,85	0,70	28	5	NA	3 (j)
	ZEIS	ZMa	NA	1	1	0,70	0,50	15	5	NA	3 (j)	NA
		ZMIS	0,3	1	2	0,85	0,70	28	5	NA	3 (j)	NA
		ZMISa	NA	1	1	0,70	0,50	15	5	NA	3 (j)	NA
		ZEIS-1	0,5	1	2,5 (f)	0,85	0,70	NA	5	NA	3 (j)	NA
		ZEIS-2	0,5	1	4 (f)	0,85	0,70	NA	5	NA	3 (j)	NA
		ZEIS-3	0,5	1	4 (g)	0,85	0,70	NA	5	NA	3 (j)	NA
		ZEIS-4	NA	1	2 (h)	0,70	0,50	NA	5	NA	3 (j)	NA
		ZEIS-5	0,5	1	4 (f)	0,85	0,70	NA	5	NA	3 (j)	NA
	ZDE	ZDE-1	0,5	1	2	0,70	0,70	28	5	NA	3 (j)	NA
		ZDE-2	0,5	1	2	0,70	0,50	28	5	3	3	NA
	ZPI	ZPI-1	0,5	1	1,5	0,70	0,70	28	5	3	3	NA
		ZPI-2	NA	1	1,5	0,50	0,30	28	5	3	3	NA
PRESERVAÇÃO	ZPR	ZPR	0,05	1	1	0,50	0,50	10	5	NA	3	NA
	ZER	ZER-1	0,05	1	1	0,50	0,50	10	5	NA	3	NA
		ZER-2	0,05	1	1	0,50	0,50	10	5	NA	3	NA
		ZERa	NA	1	1	0,50	0,50	10	5	NA	3	NA
	ZPDS	ZPDS	NA	1	1	0,35	0,25	20	5	NA	3	NA
		ZPDSr	NA	0,2	0,2	0,20	0,15	10	5	NA	3	NA
ZEPAM	ZEPAM	NA	0,1	0,1	0,10	0,10	10	5	NA	3	NA	
ÁREAS PÚBLICAS E SAPIVEL (i)	VERDES	AVP-1	NA	(k)	(k)	(k)	(k)	28	NA	NA	3 (j)	NA
		AVP-2	NA	1	1	0,3	0,3	28	NA	NA	3 (j)	NA
	INSTITUCIONAIS	AI	NA	1	4	0,85	0,7	28	NA	NA	3 (j)	NA
		Ala	NA	1	2	0,5	0,5	15	NA	NA	3 (j)	NA
	CLUBES	AC-1	NA	0,6	0,6	0,6	0,6	20	5	3	3	NA
		AC-2	NA	0,4	0,4	0,4	0,4	10	5	3	3	NA

Notas:

NA = Não se aplica

(a) Nas zonas inseridas na área de proteção e recuperação aos mananciais aplica-se a legislação estadual pertinente, quando mais restritiva, conforme §2º do artigo 5º desta lei.

(b) Atendidos os requisitos previstos no artigo 83 da Lei nº 16.050, de 31 de Julho de 2014 - PDE, a zona ZEUP passa a recepcionar automaticamente os parâmetros da zona ZEU.

(c) Atendidos os requisitos previstos no artigo 83 da Lei nº 16.050, de 31 de Julho de 2014 - PDE, a zona ZEUPa passa a recepcionar automaticamente os parâmetros da zona ZEUA.

(d) O Camáx será igual a 4 nos casos dispostos no §1º do artigo 8º desta lei.

(e) O Camáx será igual a 4 nos casos dispostos nos §2º do artigo 8º desta lei.

(f) O Camáx será igual a 2 nos casos em que o lote for menor que 1.000m² (mil metros quadrados).

(g) O Camáx será igual a 2 nos casos em que o lote for menor que 500m² (quinhentos metros quadrados).

(h) O Camáx será igual a 1 nos casos em que o lote for menor que 1.000m² (mil metros quadrados).

(i) O recuo frontal será facultativo quando atendido o disposto nos artigos 67 ou 69 desta lei.

(j) Os recuos laterais e de fundo para altura da edificação superior a 10m (dez metros) serão dispensados conforme disposições estabelecidas nos incisos II e III do artigo 66 desta lei.

(k) Ver artigo 30 desta lei.

(l) Observar as disposições estabelecidas no § 4º do artigo 28 desta lei.

(m) Para áreas contidas nos perímetros de incentivo ao desenvolvimento econômico Jacu-Pêssego e Cupecê, conforme Mapa 11 da Lei nº 16.050, de 31 de Julho de 2014 - PDE, verificar disposições dos artigos 362 e 363 da referida lei quanto ao coeficiente de aproveitamento máximo e outorga onerosa de potencial construtivo adicional.

Quadro 3A - Quota Ambiental: Pontuação mínima, Taxa de Permeabilidade Mínima e fatores por perímetros de qualificação ambiental

Perímetro de Qualificação Ambiental	TAXA DE PERMEABILIDADE (a) (b)		PONTUAÇÃO QA MÍNIMO					FATORES	
	Lote ≤ 500 m²	Lote > 500 m²	Lote > 500 e ≤ 1000 m²	Lote > 1000 e ≤ 2500 m²	Lote > 2500 e ≤ 5000 m²	Lote > 5000 e ≤ 10000 m²	Lote > 10000 m²	Cobertura Vegetal (alfa)	Drenagem (beta)
PA 1	0,15	0,25	0,45	0,60	0,70	0,80	1,00	0,5	0,5
PA 2	0,15	0,25	0,40	0,52	0,64	0,70	0,86	0,5	0,5
PA 3	0,15	0,25	0,37	0,48	0,60	0,65	0,78	0,5	0,5
PA 4	0,15	0,25	0,37	0,48	0,60	0,65	0,78	0,5	0,5
PA 5	0,15	0,25	0,29	0,37	0,46	0,50	0,57	0,4	0,6
PA 6	0,15	0,20	0,34	0,44	0,55	0,60	0,71	0,5	0,5
PA 7	0,15	0,20	0,31	0,41	0,51	0,55	0,64	0,3	0,7
PA 8	0,15	0,20	0,37	0,48	0,60	0,65	0,78	0,5	0,5
PA 9	0,10	0,15	0,37	0,48	0,60	0,65	0,78	0,5	0,5
PA 10	0,20	0,25	0,23	0,30	0,37	0,40	0,42	0,6	0,4
PA 11	0,20	0,30	0,26	0,34	0,42	0,45	0,49	0,6	0,4
PA 12	0,20	0,30	0,26	0,34	0,42	0,45	0,49	0,5	0,5
PA 13 (c)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Notas:

NA = Não se Aplica

(a) Nos lotes inseridos em ZEPAM, ZPDSr, ZPDS, ZCOR, ZPR e ZER deverão ser aplicadas as seguintes taxas de permeabilidade mínima: 0,90, 0,70, 0,50, 0,30, 0,30 e 0,30, respectivamente, independente do tamanho do lote;

(b) Quando a somatória da taxa de permeabilidade do Quadro 3A com a taxa de ocupação do Quadro 3 for superior à 1,00 (um inteiro), a taxa de permeabilidade deverá ser respeitada e a taxa de ocupação reduzida proporcionalmente;

(c) O PA 13 corresponde às Macroáreas de Contenção Urbana e Uso Sustentável e de Preservação dos Ecossistemas Naturais, nas quais não se aplicam as exigências da Quota Ambiental.

Quadro 3B - Composição da pontuação da Quota Ambiental

ITEM I. CARACTERÍSTICAS DO LOTE	
Área total do lote - A (m²)	inserir área
Perímetro de Qualificação Ambiental	ver mapa 3
Taxa de Permeabilidade - TP	ver quadro 3A
Fator alfa α	ver quadro 3A
Fator beta β	ver quadro 3A
QA mínimo obrigatório	ver quadro 3A

ITEM II. COBERTURA VEGETAL					
SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS E PAISAGÍSTICAS	PROJETO (1)	UNID.	FATOR FV (2)	TCA (5)	PONTUAÇÃO ATINGIDA (3)
A. Áreas ajardinadas					
A1. Área ajardinada sobre solo natural	medida do projeto	(m²)	0,25	n/a	cálculo conforme (I)
A2. Área ajardinada sobre laje com espessura de solo maior que 40 cm	medida do projeto	(m²)	0,20	n/a	cálculo conforme (I)
A3. Pavimento semi-permeável com vegetação sobre solo natural	medida do projeto	(m²)	0,10	n/a	cálculo conforme (I)
B. Vegetação					
B1. Indivíduo arbóreo a ser plantado de porte pequeno (4)	medida do projeto	(unidade)	15	TCA	cálculo conforme (I.I)
B2. Indivíduo arbóreo a ser plantado de porte médio (4)	medida do projeto	(unidade)	35	TCA	cálculo conforme (I.I)
B3. Indivíduo arbóreo a ser plantado de porte grande (4)	medida do projeto	(unidade)	80	TCA	cálculo conforme (I.I)
B4. Palmeira a ser plantada (4)	medida do projeto	(unidade)	20	TCA	cálculo conforme (I.I)
B5. Indivíduo arbóreo existente com DAP entre 20 e 30 cm (7)	medida do projeto	(unidade)	80	n/a	cálculo conforme (I)
B6. Indivíduo arbóreo existente com DAP entre 30 e 40 cm (7)	medida do projeto	(unidade)	180	n/a	cálculo conforme (I)
B7. Indivíduo arbóreo existente com DAP maior que 40 cm (7)	medida do projeto	(unidade)	400	n/a	cálculo conforme (I)
B8. Palmeira existente (7)	medida do projeto	(unidade)	90	n/a	cálculo conforme (I)
B9. Maciço arbóreo existente (7)	medida do projeto	(m²)	17	n/a	cálculo conforme (I)
C. Cobertura verde					

C1. Cob. Verde com espessura de substrato superior a 40 cm	medida do projeto	(m ²)	0,20	n/a	cálculo conforme (I)
C2. Cob. Verde com espessura de substrato inferior ou igual a 40 cm	medida do projeto	(m ²)	0,15	n/a	cálculo conforme (I)
D. Fachada / muro verde					
D1. Porção de fachada / muro verde	medida do projeto	(m ²)	0,10	n/a	cálculo conforme (I)
D2. Jardim Vertical	medida do projeto	(m ²)	0,15	n/a	cálculo conforme (I)
V PARCIAL					cálculo conforme (II)
V FINAL					cálculo conforme (III)

ITEM III. DRENAGEM				
SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS E PAISAGÍSTICAS	PROJETO (1)	UNID.	FATOR FD (8)	PONTUAÇÃO ATINGIDA (9)
A1*. Área ajardinada sobre solo	medida do projeto	(m ²)	0,22	cálculo conforme (IV)
A2*. Área ajardinada sobre laje com espessura de solo maior que 40 cm	medida do projeto	(m ²)	0,26	cálculo conforme (IV)
A3*. Pavimento semi-permeável com vegetação sobre solo natural	medida do projeto	(m ²)	0,60	cálculo conforme (IV)
C1*. Cob. Verde com espessura de substrato superior a 40 cm	medida do projeto	(m ²)	0,26	cálculo conforme (IV)
C2*. Cob. Verde com espessura de substrato inferior ou igual a 40 cm	medida do projeto	(m ²)	0,31	cálculo conforme (IV)
E. Pavimento poroso (10)	medida do projeto	(m ²)	0,1	cálculo conforme (IV)
F. Pavimento semi-permeável sem vegetação	medida do projeto	(m ²)	0,78	cálculo conforme (IV)
G. Superfícies com pavimentos não permeáveis (11)	medida do projeto	(m ²)	0,82	cálculo conforme (IV)
D PARCIAL (12)				cálculo conforme (V)
Volume de reservação mínima obrigatório para controle de escoamento superficial	medida do projeto	(ℓ)	n/a	n/a
H. Volume de reservação proposto para controle de escoamento superficial	medida do projeto	(ℓ)	n/a	n/a
D FINAL				cálculo conforme (VII)
ITEM IV. PONTUAÇÃO FINAL - QA				cálculo conforme (VIII)

NOTAS EXPLICATIVAS:

* mesmos valores do item II;

(1) P: Projeto proposto, conforme unidade indicada;

(2) FV: Fator de eficácia ambiental do indicador cobertura vegetal, quanto maior valor mais eficaz;

(3) Pontuação de cada solução construtiva ou paisagística na composição do indicador cobertura vegetal obtida pela equação na nota de cálculo I abaixo;

(4) Classificação do porte conforme definição do Quadro 1 da presente lei;

(5) Indivíduos arbóreos ou palmeiras a serem plantados, oriundos de Termo de Compromisso Ambiental – TCA;

(6) Os indivíduos arbóreos existentes com DAP menor do que o constante dos itens B5 a B8 deverão ser computados como indivíduos arbóreos a serem plantados, conforme itens B1 a B4;

(7) A vegetação integrante de maciço arbóreo, definido conforme Quadro 1 da presente lei, não poderá ser computada individualmente como palmeira ou indivíduo arbóreo existente ou a ser plantado;

(8) FD: Fator de eficácia ambiental do indicador drenagem, corresponde ao coeficiente de escoamento superficial, quanto menor o valor mais eficaz;

(9) Pontuação de cada mecanismo na composição do indicador drenagem obtida pela equação na nota de cálculo IV abaixo;

(10) Ver definição do Quadro 1 da presente lei;

(11) Superfícies com pavimentos não permeáveis do lote corresponde à área total do lote subtraída a soma das áreas dos itens A1, A2, A3, C1, C2, E e F;

(12) A somatória das áreas de projeto listadas no item III deve ser igual à área total do lote.

NOTAS DE CÁLCULO:**(I) Pontuação atingida = P x FV/A**

Sendo:

P: Projeto proposto, conforme unidade indicada;

FV: Fator de eficácia ambiental do indicador cobertura vegetal;

A: Área do lote, em metros quadrados.

(I.I) Em caso de TCA: Pontuação atingida = P x FV – (TCA x FV x 0,5)/A

Sendo:

P: Projeto proposto, conforme unidade indicada;

FV: Fator de eficácia ambiental do indicador cobertura vegetal;

TCA: número de indivíduos oriundos de Termo de Compromisso Ambiental - TCA;

A: Área do lote, em metros quadrados.

(II) V PARCIAL = somatória de (I) e (I.I)**(III) PONTUAÇÃO FINAL DO INDICADOR COBERTURA VEGETAL (V):****V FINAL = V PARCIAL/0,38**

Sendo:

V FINAL: pontuação final do indicador cobertura vegetal;

V PARCIAL = somatória de (I);

0,38 = valor de referência do indicador cobertura vegetal.

(IV) Pontuação atingida = P x FD/A

Sendo:

P: Projeto proposto, conforme unidade indicada;

FD: Fator de eficácia ambiental do indicador drenagem;

A: Área do lote, em metros quadrados.

(V) D PARCIAL = somatória de (IV)

Obs. D PARCIAL deve ser arredondado para 2 (duas) casas decimais depois da vírgula.

(VI) Vol. min = 6,3x A

Sendo:

Vol. Min.: Volume de reservação mínima obrigatório para controle do escoamento superficial, em litros;

A: Área total do lote, em metros quadrados.

(VII) PONTUAÇÃO FINAL DO INDICADOR DRENAGEM (D), calculado conforme as variáveis a seguir:

se $DP \leq 0,38$; então $D \text{ FINAL} = 1,0$

se $DP > 0,38$; então $D \text{ FINAL} = 1 - (0,0105 \times (VP/A) - DP + 0,38) / (0,38 - DP)$

Sendo:

D FINAL: pontuação final do indicador drenagem;

DP: D PARCIAL, calculado conforme nota de cálculo (V);

VP: Volume de reservação para controle do escoamento superficial proposto, conforme item III H, em litros;

A: Área do lote, em metros quadrados.

Obs. O volume de VP não inclui o volume de reservação de aproveitamento de águas pluviais provenientes da cobertura.

(VIII) PONTUAÇÃO FINAL QUOTA AMBIENTAL: $QA = V^{\alpha} \times D^{\beta}$

Sendo:

QA: pontuação atingida da Quota Ambiental;

V: pontuação final do indicador cobertura vegetal, conforme nota de cálculo (III);

D: pontuação final do indicador drenagem, conforme nota de cálculo (VII);

α : fator alfa, conforme quadro 3A;

β : fator beta, conforme quadro 3A.

Fonte: <https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/marco-regulatorio/zoneamento/arquivos/>