

A RELAÇÃO ENTRE A IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO E O AUMENTO DA FREQUÊNCIA DAS INUNDAÇÕES NAS ÁREAS URBANIZADAS

THE RELATIONSHIP BETWEEN WATERPROOFING OF SOIL AND THE INCREASED FREQUENCY OF FLOODING IN URBAN AREAS

LA RELACIÓN ENTRE EL SELLADO DEL SUELO Y LA MAYOR FRECUENCIA DE INUNDACIONES EN ZONAS URBANIZADAS

LA RELATION ENTRE L'IMPERMÉABILISATION DES SOLS ET LA FRÉQUENCE AUGUMENTATION DES INONDATIONS DANS LES ZONES URBANISÉES

Rosangela do Amaral¹

Jurandy Luciano Sanches Ross²

¹ Pesquisadora Científica do Instituto de Pesquisas Ambientais, Secretaria do Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística do Estado de São Paulo. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8315-0546>. E-mail: roamaral@sp.gov.br.

² Professor Doutor do Departamento de Geografia/FFLCH/USP. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7726-2960>. E-mail: juraross@usp.br.

Introdução

As inundações são fenômenos naturais representados pelo transbordamento das águas de um curso d'água, atingindo a planície de inundação ou as áreas de várzea (Carvalho; Macedo; Ogura, 2007; Amaral; Ribeiro, 2009).

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, e as inundações passaram a representar desastres, atingindo a população e gerando impactos e prejuízos humanos (mortos e afetados) e financeiros 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 conseqüente 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).

Um estudo de caso na bacia hidrográfica do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP estabeleceu um histórico comparativo entre o adensamento urbano e conseqüente aumento dos graus de impermeabilização com a quantidade de inundações registradas, bem como os impactos decorrentes.

Materiais e Métodos

O presente estudo é baseado na análise integrada da paisagem, que 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). Essas 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.

A urbanização nas grandes cidades altera não só a paisagem como também toda a dinâmica hidrológica da bacia. 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 (Amaral, 2020).

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).

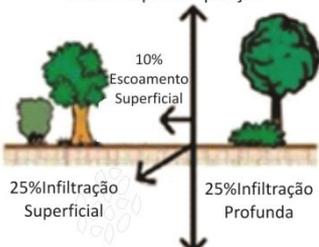
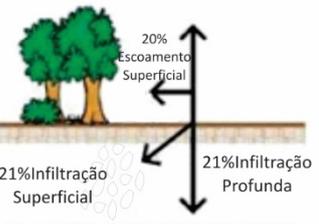
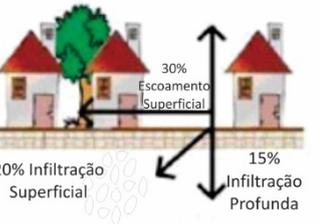
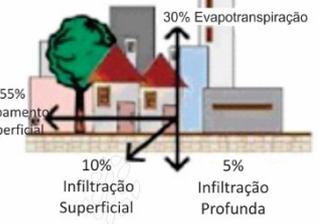
Ponce (1989) realizou estudo que demonstrou as diferenças no escoamento superficial constatadas em áreas urbanas com diferentes densidades de ocupação e de impermeabilização, caracterizadas pelo uso da terra. Áreas com ocupações adensadas, como as de usos comerciais, industriais e vias pavimentadas podem causar coeficientes de até 0,95 de escoamento, o que significa apenas 0,05 de coeficiente de infiltração em superfície.

Desta forma, o escoamento concentrado e em alta velocidade nas vertentes chega às planícies e canais de drenagem rapidamente. Como a maioria das planícies fluviais em áreas urbanas também está ocupada e impermeabilizada, as inundações atingem os habitantes dessas áreas.

O Quadro 1 apresenta a evolução dos estágios de urbanização e as alterações comuns no uso da terra e no canal dos cursos d'água, de forma a compreender seus efeitos no comportamento hidrológico.

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 em consequências hidrológicas e ambientais.

Quadro 1. Estágios da urbanização e seus possíveis efeitos hidrológicos.

Estágio de urbanização	Mudanças no uso da terra e da água	Possíveis efeitos hidrológicos
<p>Pré-ocupação urbana</p> <p>40% Evapotranspiração</p>  <p>10% Escoamento Superficial</p> <p>25% Infiltração Superficial</p> <p>25% Infiltração Profunda</p> <p>SOLO COM COBERT. VEGETAL NATURAL</p>	<p>--</p>	<p>--</p>
<p>Transição entre a pré-ocupação para estágio inicial de urbanização</p> <p>38% Evapotranspiração</p>  <p>20% Escoamento Superficial</p> <p>21% Infiltração Superficial</p> <p>21% Infiltração Profunda</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% Evapotranspiração</p>  <p>30% Escoamento Superficial</p> <p>20% Infiltração Superficial</p> <p>15% Infiltração Profunda</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.
<p>Transição entre o estágio médio para a urbanização consolidada</p> <p>30% Evapotranspiração</p>  <p>55% Escoamento Superficial</p> <p>10% Infiltração Superficial</p> <p>5% Infiltração Profunda</p> <p>70 a 100% DE SUPERFÍCIE IMPERMEÁVEL</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Consolidação urbana, com construções adensadas e ruas pavimentadas; • Aumento de esgoto e da demanda de água para abastecimento público; • 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 rios; • 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).

Amaral (2020) avaliou a bacia hidrográfica do Córrego Ipiranga a partir do ano em que dispõe da informação mais antiga, e sua evolução de uso e ocupação ao longo do último século que causaram modificações na dinâmica da paisagem.

Para analisar a relação entre a impermeabilização dos solos e as inundações ocorridas, foram selecionadas duas variáveis: graus de impermeabilização e o histórico de eventos de inundação.

Para avaliar as mudanças geradas pelo impacto antrópico do adensamento populacional e consequente impermeabilização da superfície, se optou pela análise multitemporal a partir de mapas, aerofotos e imagens de satélite, com o objetivo de delimitar o avanço das áreas construídas ao longo do último século (Boudou; Danière; Lang, 2016; Faccini *et al.*, 2015; Cœur; Lang, 2008). Foram consultadas cartas do Projeto Sara Brasil (1930), as imagens aerofotogramétricas dos anos de 1940 e 1954, obtidas junto à Prefeitura da Cidade de São Paulo (Mapa Digital da Cidade de São Paulo - PMSP, 2017a), 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). Para obtenção dos dados populacionais, foi consultado o histórico demográfico da Prefeitura da Cidade de São Paulo (PMSP, 2017b).

Para avaliar o histórico das 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). 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: o jornal digital Ipiranga News, com dados do período entre 2009 e 2016; o acervo digital do jornal Folha de São Paulo, com dados entre 1960 e 2016; o acervo digital do jornal O Estado de São Paulo, com acesso às edições do período entre 1875 e 2017; o arquivo do Centro de Gerenciamento de Emergências da Prefeitura do Município de São Paulo (CGE/PMSP), com dados do período entre 2000 e 2017. Adicionalmente também foram consultados dados do Sistema de Alerta a Inundações do Estado de São Paulo, do Departamento de Águas e Energia Elétrica, Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (SAISP/DAEE/FCTH), que compreenderam o período entre 2007 e 2017.

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

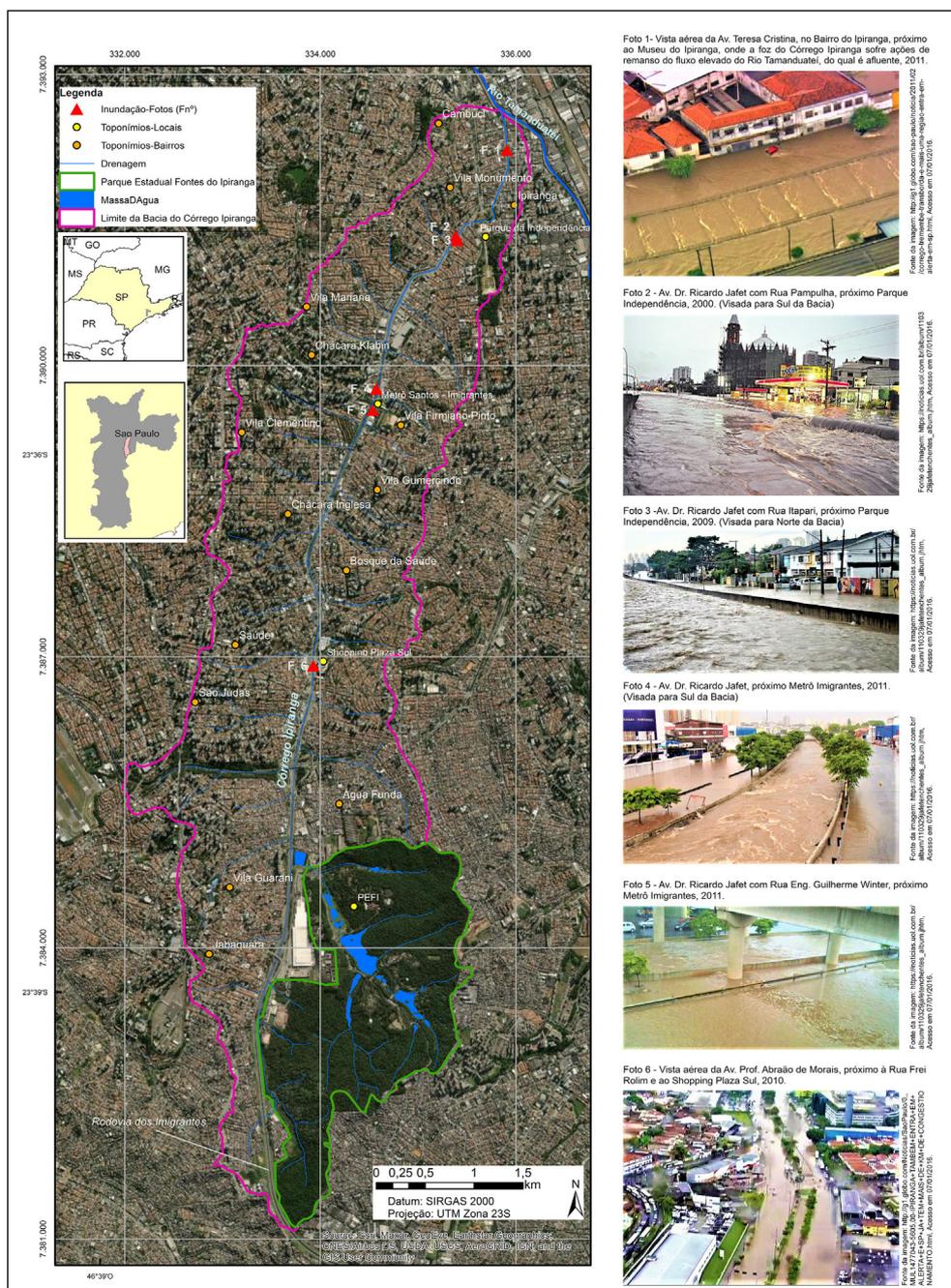
Resultados

Área de estudo

A área selecionada para o estudo foi a bacia do Córrego Ipiranga, denominado historicamente como Riacho do Ipiranga, localizado entre os Bairros da Água Funda e Ipiranga, zona sul do município de São Paulo (Figura 1). O local registra anualmente inundações, que apresentam como consequências 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, apresentando 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.

O Córrego Ipiranga é um dos principais afluentes do Rio Tamanduaé, componente da unidade hidrográfica de gerenciamento de recursos hídricos do Estado de São Paulo (UGRHI) Alto Tietê, que abrange os municípios da Região Metropolitana de São Paulo.

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



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Figura 1. Localização da bacia do Córrego Ipiranga, em São Paulo/SP e fotos publicadas na mídia apresentando eventos de inundação em vários pontos.

Ocupação urbana e intervenções antrópicas

A partir dos dados obtidos de mapas, aerofotos e imagens de satélite em análise multitemporal, foi realizado um mapeamento e geração de dados quantitativos de uso do solo. Para simplificar a análise, foram diferenciadas apenas duas situações relevantes para esse caso: as áreas construídas e as áreas permeáveis, conforme a Tabela 1.

Esses dados foram relacionados com o aumento da população na região e o estágio de urbanização de cada período. Foram levantados para o cálculo populacional os habitantes dos distritos de Cambuci, Cursino, Ipiranga, Jabaquara, Saúde e Vila Mariana, para ilustrar o crescimento populacional regional por décadas. Os dados disponibilizados pela Prefeitura Municipal de São Paulo iniciam a partir de 1950, com números absolutos de habitantes a cada década. Em 2010 o grau de urbanização do município de São Paulo atingiu 99,1% (PMSP, 2017b).

Tabela 1. Relação percentual entre as áreas construídas e áreas permeáveis na Bacia do Córrego Ipiranga no período entre 1930 e 2017 e estimativa de crescimento populacional na região (distritos de Cambuci, Cursino, Ipiranga, Jabaquara, Saúde e Vila Mariana).

Ano	Área construída (%)	Área permeável (%)	População estimada (Nº abs. hab.)	Estágio de urbanização
1930	3,38	96,62	-	Pré-ocupação
1940	19,69	80,31	-	Inicial
1954	49,95	50,05	267.906 (1950)	Médio
1958	55,40	44,60	-	
1962	60,23	39,77	427.719 (1960)	
1994	79,44	20,56	687.524 (2000)	Consolidada
2010	80,19	19,81	739.955	
2017	80,39	19,61	-	

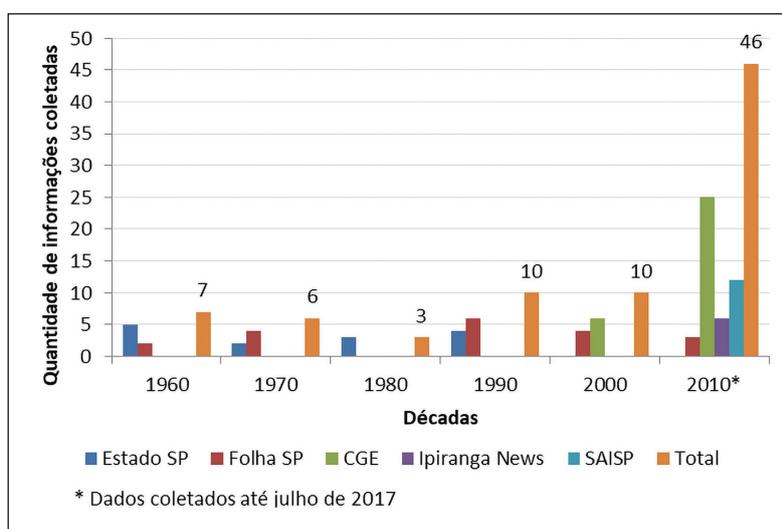
Fonte: Amaral (2020), PMSP (2017b) e Teixeira (2005).

Observa-se que o aumento das áreas construídas e a evolução dos estágios de urbanização é paralelo ao crescimento populacional na região. Conseqüentemente, ocorre a redução dos terrenos permeáveis.

Histórico de eventos de inundação

Os dados analisados são baseados em Santos e Amaral (2017) e dados do acervo do SAISP/DAEE/FCTH. A compilação dos dados coletados mostra que a quantidade de informações sobre as inundações na bacia do Córrego Ipiranga aumentou nas últimas

décadas. A maior veiculação de notícias pela mídia pode ser devido ao impacto das inundações na dinâmica de circulação e economia no local. No total foram registradas 82 ocorrências de inundação no período entre 1965 e 2017 (Figura 2).



Fonte: Amaral (2020).

Figura 2. Quantidade de notícias de inundação na Bacia do Córrego Ipiranga, São Paulo/SP, por décadas e por fonte consultada.

A distribuição dos eventos por década, a frequência média anual e o tempo de retorno estimado são apresentados na Tabela 2. À medida que a frequência aumenta, o tempo de retorno estimado diminui.

Tabela 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.

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.

Fonte: Amaral (2020).

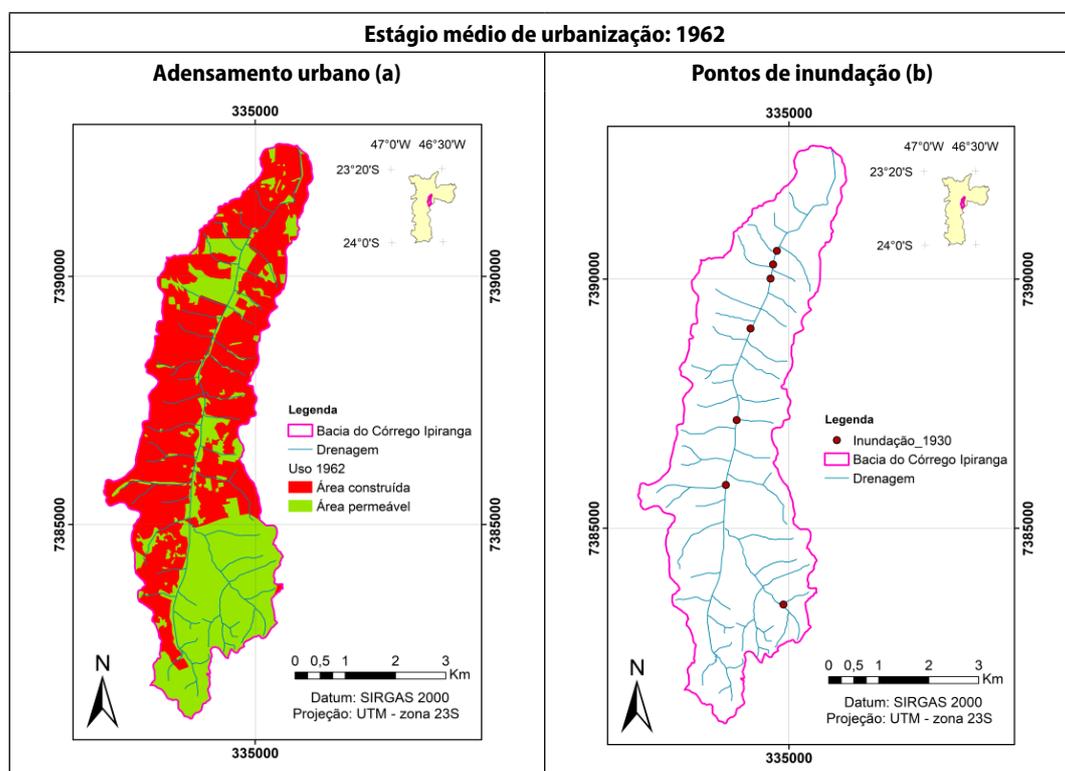
De acordo com os dados se observa que até a década de 1980 ocorria menos de um evento anual de inundação na bacia. Nas décadas de 1990 e 2000, acima de um evento anual e, finalmente, na década de 2010 foram registrados mais de 6 eventos anuais.

Relação entre a impermeabilização e os pontos de inundação

Para avaliar as mudanças geradas pelo impacto antrópico do adensamento populacional e consequente impermeabilização da superfície, Amaral, Gutjahr e Ross (2021) realizaram uma análise multitemporal, a partir dos mapas, aerofotos e imagens de satélite, com o objetivo de correlacionar o avanço das áreas construídas e a ocorrência dos pontos de inundação.

As Figuras 3 e 4 apresentam a evolução em 2 recortes temporais (1962 e 2017), com intervalos de 55 anos entre eles. Esses intervalos foram definidos em função das datas das imagens aerofotogramétricas e de satélite obtidas, que foram utilizadas na interpretação do adensamento urbano. Também representam dois cenários de estágios de urbanização: o médio e a urbanização consolidada.

O estágio médio de urbanização na bacia se inicia entre as décadas de 1950 e 1960, quando a urbanização avança em direção ao sul (Figura 3a). Estima-se que os pontos de inundação mapeados no Mapa do Sara Brasil (1930) permaneciam ativos, pois até 1962 as áreas denominadas como brejo ainda não apresentavam ocupações próximas e ainda não havia registro de notícias relacionadas com inundações nessa região (Figura 3b). Ainda nessa década se inicia a construção da Av. Água Funda, hoje denominada Av. Dr. Ricardo Jafet, nas duas margens do Córrego. A inauguração da avenida foi em 1967 e as obras foram concluídas em 1970, com parte do Programa Plano de Avenidas de São Paulo e viabilizou toda a ocupação das áreas de várzea que ainda estavam preservadas nesse trecho da bacia.

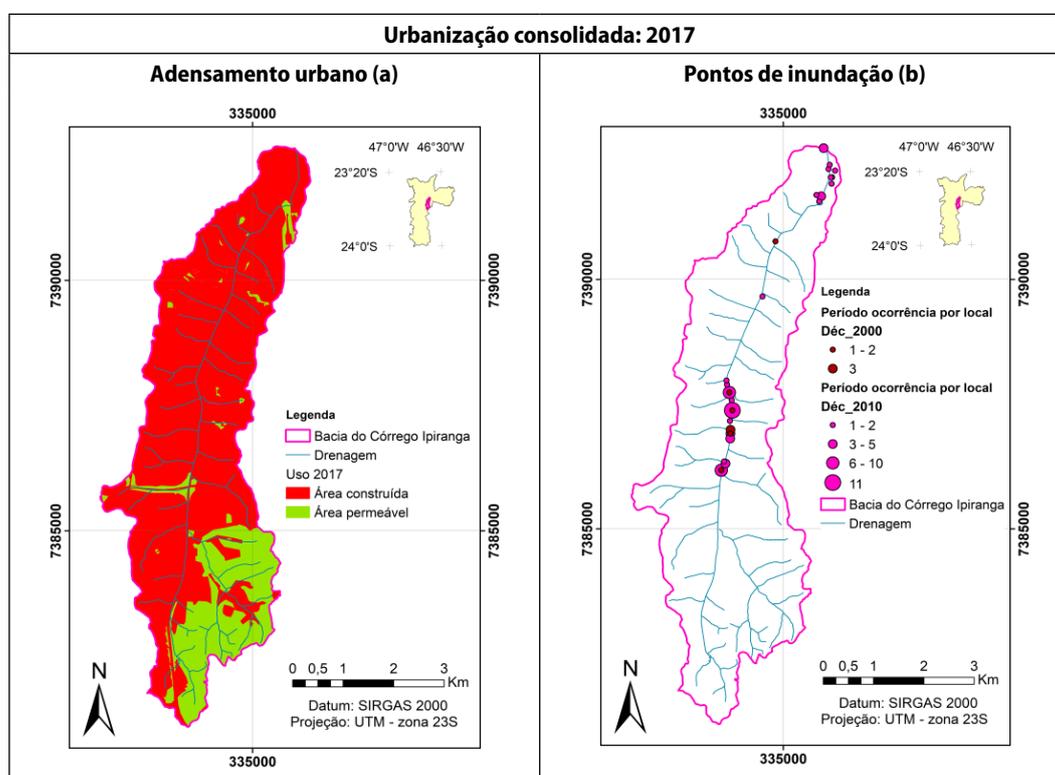


Fonte: Amaral (2020).

Figura 3. Situação em 1962: (a) Área Construída= 60,23%; Área Permeável= 39,67%; (b) Pontos de inundação, mapeados como áreas de brejos (Sara Brasil).

No período entre 1962 e 2017 a urbanização ocupa praticamente toda a extensão da bacia, passando para o estágio de urbanização consolidada. Restaram como áreas permeáveis os poucos fragmentos de vegetação em áreas protegidas por parques (como o PEFI e o Parque da Independência), em áreas de canteiros centrais de grandes avenidas ou em pequenas áreas verdes públicas. A partir da década de 1990 ocorre uma estabilidade na expansão horizontal da urbanização, e se inicia o processo de verticalização (Figura 4a).

Nesse período, a partir de 1965, são registradas as primeiras notícias de inundações no Córrego Ipiranga e os danos relacionados. A partir de 2010 as notícias apontam o aumento dos pontos de inundação no médio curso e jusante. Um desses pontos, localizado no médio curso, apresentou 11 ocorrências no período entre 2010 e 2017. 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 superou 1,6m de altura (Figura 4b).



Fonte: Amaral (2020).

Figura 4. Situação em 2017: (a) Área Construída= 80,39%; Área Permeável= 19,61%; (b) Pontos cadastrados nas notícias e informações oficiais do CGE/PMSP e do SAISP/DAEE/FCTH.

Discussões

As modificações antrópicas devido à ocupação das planícies e a impermeabilização dos solos da bacia está relacionada com a recorrência e com o aumento da frequência dos eventos de inundação.

A evolução da ocupação urbana na bacia teve como características marcantes de cada um de seus estágios:

- a) pré-ocupação e urbanização inicial: predomínio da ocupação horizontal esparsa (décadas de 1930 e 1940);
- b) urbanização média: predomínio da ocupação horizontal adensada (décadas de 1950 e 1960) e expansão da ocupação para a parte sul da bacia;
- c) consolidação urbana: início da verticalização (década de 1990) e o adensamento das áreas verticalizadas (década de 2000 a atual). Ocupação da planície fluvial em praticamente toda a extensão do canal principal.

Essa evolução da ocupação urbana alterou a permeabilidade dos solos e a dinâmica do escoamento superficial na bacia ao longo do tempo, promovendo o escoamento concentrado e em alta velocidade, direcionado para o canal principal.

A partir do estágio de urbanização médio, a bacia passou a apresentar inundações em diversos pontos, concentrados em médio curso e jusante. A frequência anual das inundações se intensificou no período a partir de 2010.

Destaca-se que 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.

Fatores físicos também podem contribuir com o aumento da ocorrência de inundações, como as características morfológicas da bacia e as mudanças na intensidade e no regime de chuvas.

A ação antrópica também colabora, por exemplo, nas intervenções nos cursos d'água, como as canalizações e retificações. As consequências das inundações, podem ser maiores ou menores, a depender da organização e vulnerabilidade social e econômica da área atingida, bem como as formas de prevenção e enfrentamento das situações.

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 é indispensável viabilizar espaços para a infiltração e escoamento mais lento das águas pluviais, e muitas variáveis devem ser consideradas para proposições coerentes de minimização dos danos.

Referências

AMARAL, R. **Análise integrada do ambiente urbano e as inundações recorrentes:**

caso da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga (São Paulo/SP). 2020. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

AMARAL, R.; RIBEIRO, R.R. Inundações e enchentes. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Org.) **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. 1ª edição, São Paulo: Instituto Geológico, 2009, p. 39-52.

AMARAL, Rosangela; GUTJAHR, Mirian; ROSS, Jurandyr. The occurrence of floods in São Paulo, Brazil: the Ipiranga Stream Basin case study. **International Journal of Water Management and Diplomacy**, v. 1, n. 2, p. 5-22, 2021.

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.

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. DOI 10.5194/hess-20-161-2016.

CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. D.; OGURA, A. T. **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios**. Brasília: Ministério das Cidades, 2007.

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. DOI 10.1016/j.crte.2008.03.001.

DUNNE, T.; LEOPOLD, L.B. **Water in Environmental Planning**. New York: WH Freeman and Co, 818 p., 1978.

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. DOI 10.5194/nhess-15-2631-2015.

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.

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.

IG - Instituto Geológico. **Banco de Dados Históricos de Desastres Naturais Relacionados a Eventos Climáticos na Baixada Santista**, 2009. Disponível em: <<http://200.144.28.233/dnbs/busca.php>>. Acesso em 16 fev. 2015.

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.

PMSP - PREFEITURA DA CIDADE DE SÃO PAULO. **Mapa Digital da Cidade de São Paulo**, 2017a. Disponível em: <<http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/>>

SBC.aspx>. Acesso em 21 out. 2017.

PMSP – PREFEITURA DA CIDADE DE SÃO PAULO. **Dados históricos e demográficos. PMSP**, 2017b. Disponível em: <http://smul.prefeitura.sp.gov.br/historico_demografico/>. Acesso em 21 out. 2017.

PONCE, V. M. **Engineering hydrology: principles and practices**. New Jersey: Prentice Hall, 1989.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia/FFLCH/USP**, n.º 8, p. 63-73, 1994.

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. DOI 10.1016/j.jhydrol.2015.06.028.

SANTOS, A. P.; AMARAL, R. Levantamento histórico de dados de inundação do córrego Ipiranga – São Paulo/SP, In: **Caderno de Resumos do 7º Seminário de Iniciação Científica PIBIC**. São Paulo: Instituto Geológico, 2017. Disponível em: <http://igeologico.sp.gov.br/files/2018/02/RESUMOS_7-SIC-IG_2016.pdf>.

SOTCHAVA, V. B. – Por Uma Teoria de Classificação de Geossistemas da Vida Terrestre. In: **Biogeografia** n.º 14. São Paulo: Instituto de Geografia – Universidade de São Paulo, 1978.

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.

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.

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, n.º 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.