



**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

ANA LUÍZA ALCALDE DE JESUS

**ANÁLISE TEMPORAL DOS COEFICIENTES DE PERMEABILIDADE NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO IPIRANGA, MUNICÍPIO DE SÃO PAULO/ SP**

Trabalho de Graduação Individual

SÃO PAULO

2020

*... Sonhei e fui mar de cristal
Sol água e sal, meu ancestral
E eu tão singular me vi
plural...*

Sonhei - Lenine.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente ao meu orientador Prof. Dr. Fernando Junqueira Villela Nadal por toda atenção, ensinamentos, liberdade e todas as contribuições ao longo do desenvolvimento dessa pesquisa. Agradeço também à Dra. Rosangela do Amaral, pela orientação ao longo dos dois anos de estágio no Instituto Geológico, por toda troca, ensinamentos, confiança e amizade.

Agradeço imensamente ao meu pai, Paulo Eduardo Alves de Jesus, por sempre ter me incentivado a estudar, cativando, assim, desde muito cedo, a curiosidade em mim; e a minha mãe, Elaine Gutierrez Alcalde de Jesus, que é um exemplo de dedicação, força e determinação. Somados são meu norte e a minha vontade de potência. Obrigada por todo o suporte afetivo e material ao longo de todos esses anos.

Agradeço ao meu querido e extremamente estimado irmão Osvaldo Alcalde de Jesus, por todo apoio e torcida; e a todos meus familiares e amigos como Claudia Rodrigues, Laura Gutierrez, Adelaide Gutierrez, Alessandra Gutierrez, Camila Mazza, Murilo Mazza, Gabriela Pondian, Giovanna Guilhem, Mariane Carvalho, Lorraine Lima, Roger, Vinicius Brean, Émile, Leo, Gabriella, Luciana Niro, Yuri Moraes, Letícia Alves, Dalva Alves, Adriana Della Coleta, Arlete Della Coleta e, por fim, um dos maiores presentes do acaso, meu eterno companheiro Ayron Della Coleta.

Quero agradecer também a todos os professores que ajudaram e participaram da minha formação, especialmente a Prof^a Dr^a Bianca Carvalho Vieira, que desempenhou papel decisivo no meu gosto pela pesquisa científica e também ao GPmorfo, grupo de pesquisa que me acolheu tão bem durante três anos. Agradeço ao Grupo de Pesquisa Nostradamos por todas as aprendizagens nas excelentes reuniões semanais. Quero agradecer especialmente e com grande estima o Dr. Marcos Roberto Pinheiro, coordenador do Laboratório de Pedologia, pela amizade e pelos ensinamentos ao longo da graduação, assim como a querida Msc. Camila Bertaglio Carou que me orienta e me aconselha sempre. Enfim, quero agradecer a todos que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento dessa pesquisa.

RESUMO

Todos os anos a capital paulistana sofre com vários pontos de inundações, enchentes e alagamentos, trazendo danos inestimáveis à sociedade e à economia. As inundações são fenômenos naturais, de caráter hidrometeorológicos, que ocorrem quando os elevados índices de precipitação ocasionam o aumento caudal dos cursos d'água, provocando o transbordamento das águas para além das cotas máximas do canal fluvial, atingindo assim a planície de inundaçāo, ou área de várzea. Na Bacia do Córrego Ipiranga, o intenso processo de impermeabilização do solo faz com que o escoamento superficial desta região seja ainda mais concentrado e ganhe mais velocidade. Dessa forma, o objetivo central desta pesquisa foi aplicar o método Fator Biótopo de Área (BAF) para identificar e quantificar os tipos de superfície com seus respectivos coeficientes de permeabilidade, para verificar os efeitos do isolamento da superfície com a ocorrência de inundações. Para isso foram selecionadas três áreas amostrais, a partir de geótopos urbanos, ao longo da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga onde foi feito o cálculo do índice BAF para cada área em diferentes tempos históricos (1930, 1962, 1994 e 2017).

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Brasil sofreu o impacto de 70 desastres que afetaram quase 70 milhões de pessoas, segundo relatório da ONU de 2020. Fonte: Prefeitura Municipal de Porto Alegre..... | 9 |
| Figura 2: -Localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga no município de São Paulo onde foram selecionados três geótopos urbanos para aplicação do método BAF. Fonte: Autora, 2019..... | 12 |
| Figura 3: Inundação provocada por fortes chuvas em São Paulo. Destaque para as três áreas mais afetadas por inundações na Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga, município de São Paulo. Fonte: Prefeitura de São Paulo. | 13 |
| Figura 4: Localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga com as três áreas selecionadas: a área (A) corresponde à Amostra de “Geótopo Econômico”; as Áreas (B) e (C) correspondem às Amostras de “Geótopos Residenciais”, sendo: a Área (B) correspondente ao “ Geótopo Prédios de Alto Padrão Construtivo” e a Área (C) correspondente ao “Geótopo Casas de Baixo Padrão Construtivo. | 25 |
| Figura 5: Diferentes tipos de superfície com seus respectivos índices BAF. Fonte: Lucilia Blanes, 2011 | 27 |
| Figura 6: Diferentes tipos de superfície com seus respectivos índices BAF. Fonte: Lucilia Blanes, 2011 | 28 |
| Figura 7 - Cálculo BAF..... | 28 |
| Figura 8: Demonstração do cálculo BAF a partir da identificação dos diferentes tipos de superfície. Fonte: Lucilia Blanes, 2011..... | 29 |
| Figura 9: Localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga no município de São Paulo. Fonte: Autora, 2018. | 30 |
| Figura 10: Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga em relação a Subprefeituras de Jabaquara, Vila Madalena e Ipiranga. Fonte: Prefeitura de São Paulo. | 31 |
| Figura 11: Litoestratigrafia e evolução tectno-sedimentar do segmento central do RCSB – Letras: p: Leques Aluviais próximas; m-d: Leques Aluviais medianos a distais associados a planície aluvial de rios entrelaçados; t: depósitos de tálus; c: depósitos coluviais; ca: depósitos colúvio-aluviais; a: depósitos aluviais. Fonte: Riccomini et al. 2004..... | 33 |
| Figura 12: Unidades litoestratigráficas da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga. | |

| | |
|---|----|
| Fonte: Amaral, 2020..... | 35 |
| Figura 13: Unidades climáticas naturais. Fonte: Atlas Ambiental do Município de São Paulo,disponível em: < http://atlasambiental.prefeitura.sp.gov.br/pagina.php?B=mapas | 38 |
| Figura 14: - Bairro do Ipiranga onde é possível observar a concentração de poluentes. Fonte: Atlas Ambiental do Município de São Paulo. | 39 |
| Figura 15: Temperatura da superfície. Fonte: Atlas Ambiental do Município de São Paulo, disponível em: http://atlasambiental.prefeitura.sp.gov.br/pagina.php?B=mapas , acesso em 06/11/2020. | 40 |
| Figura 16: Parque Estadual das Fontes do Ipiranga. Fonte: Atlas Ambiental do Município de São Paulo. | 41 |
| Figura 17: Pintura “Independência ou Morte” de Pedro Américo que retrata o momento da independência brasileira às margens do Riacho do Ipiranga, 1888. Fonte: Acervo do Museu Paulista..... | 43 |
| Figura 18: - Mapas de evento de inundação com a localização dos Geótopos. Fonte: Santos & Amaral, 2017. | 47 |
| Figura 19: Mapa de Uso de Terra da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga. Fonte: Autora, 2020..... | 49 |
| Figura 20: - Favela da Água Funda após forte chuva em 2010. Foto: Melina Resende/VC no G1). | 61 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1- Pessoas afetadas pela ocorrência de inundações no Brasil. | 10 |
| Tabela 2 - Diferenciação entre desastres naturais comuns em ambientes urbanos. | 10 |
| Tabela 3 - Classificação da paisagem proposta por Bertrand, 1971. | 19 |
| Tabela 4 - Funções básicas visadas pelo Biotope Area Factor..... | 22 |
| Tabela 5 - – Valores alvos estabelecidos pelo Biotope Area Factor. | 23 |
| Tabela 6 - Valores existentes e pretendidos para BAF | 68 |

Sumário

| | | |
|--------|---|----|
| 1. | INTRODUÇÃO | 9 |
| 2. | OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA | 15 |
| 2.1 | Objetivos | 15 |
| 2.2 | Justificativa..... | 15 |
| 3. | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA..... | 16 |
| 3.1 | Teoria geral dos sistemas e conceito de paisagem integrada..... | 16 |
| 3.2 | Geossistema urbano..... | 20 |
| 3.3 | Fator biótopo de área | 22 |
| 4. | PROCEDIMENTO METODOLÓGICO E TECNICO-OPERACIONAIS | 24 |
| 4.1 | Procedimentos técnico-operacionais | 24 |
| 4.2 | Aplicação do método <i>biotope area factor</i> | 24 |
| 5. | ÁREA DE ESTUDO | 29 |
| 5.1. | Localização da área de estudo | 29 |
| 5.2. | Caracterização física | 32 |
| 5.2.1. | Geologia | 32 |
| 5.2.3. | Geomorfologia..... | 36 |
| 5.2.4. | Caracterização climática regional..... | 38 |
| 5.3 | Breve histórico de ocupação..... | 42 |
| 5.4 | Breve histórico de ocorrência de inundação..... | 45 |
| 6. | RESULTADOS | 48 |
| 6.1 | Geótopo Econômico | 51 |
| 6.2 | Geótopo Prédios de alto padrão construtivo..... | 56 |
| 6.3 | Geótopo Casas de baixo padrão construtivo..... | 61 |
| 6.4 | Análise multitemporal do coeficiente de permeabilidade para a Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga..... | 66 |
| 7. | CONCLUSÕES | 69 |
| | REFERÊNCIAS..... | 67 |

1. INTRODUÇÃO

Segundo relatório da ONU (Organização das Nações Unidas), publicado em Janeiro de 2020, a América Latina e o Caribe são a segunda região mais propensa a desastres naturais do mundo. Cerca de 152 milhões de pessoas foram afetadas por 1.205 desastres entre 2000 e 2019. O relatório destaca ainda que as inundações são os desastres que mais causam danos e perdas (**Figura 1**).

O Brasil está entre os 15 países com o maior número de populações expostas às inundações; desde 2000 os danos com as inundações na América Latina e Caribe ultrapassaram US\$ 1 bilhão de dólares. No Brasil, entre os períodos de 2000 a 2008, 2.466.592 pessoas ficaram desabrigadas e 776 pessoas perderam a vida (AMARAL & RIBEIRO 2009) (**Tabela 1**). Segundo estudos de Haddad & Teixeira as inundações que ocorrem no município de São Paulo ocasionam um prejuízo de R\$ 762 milhões ao ano (HADDAD & TEIXEIRA 2014).



Figura 1 - Brasil sofreu o impacto de 70 desastres que afetaram quase 70 milhões de pessoas, segundo relatório da ONU de 2020. Fonte: Prefeitura Municipal de Porto Alegre.

Tabela 1- Pessoas afetadas pela ocorrência de inundações no Brasil.

| Período | Nº de Eventos | Nº de Mortes | Nº de Afetados (Desabrigados/Desalojados) |
|-----------|---------------|--------------|--|
| 2010-2014 | 20 | 1505 | 2.468.600 |
| 2000-2009 | 35 | 926 | 4.281.972 |
| 1990-1999 | 20 | 386 | 317.793 |
| 1980-1989 | 23 | 1598 | 8.789.613 |
| 1970-1979 | 11 | 1142 | 2.902.371 |
| 1960-1969 | 13 | 1818 | 825.986 |
| 1950-1959 | 2 | 212 | - |
| 1940-1949 | 1 | 200 | - |

As inundações são fenômenos naturais de caráter hidrometeorológico que ocorrem quando os elevados índices de precipitação ocasionam o aumento caudal dos cursos d'água, provocando o transbordamento das águas para além das cotas máximas do canal fluvial, atingindo assim a planície de inundaçāo, ou área de várzea (AMARAL & RIBEIRO, 2009).

Diferente das enchentes, as inundações ocorrem quando há o extravasamento das águas do leito menor de um rio para a planície de inundaçāo (CASTRO, 1998), enquanto que na encheite o aumento da vazão provoca a elevação do nível da água, atingindo assim a cota máxima do canal, porém sem provocar o seu extravasamento (**Tabela 2**) (AMARAL & RIBEIRO, 2009).

Tabela 2 - Diferenciação entre desastres naturais comuns em ambientes urbanos.

| | |
|----------------------------|--|
| Inundação | Transbordamento das águas de um curso d'água, atingindo a planície de inundaçāo ou área de várzea |
| Enchentes ou cheias | Elevação do nível d'água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal, porém, sem extravasar |
| Alagamento | Acúmulo momentâneo de águas em determinados locais por deficiência no sistema de drenagem |
| Enxurrada | Escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos fluviais |

As inundações podem ser deflagradas por elevados índices de precipitação e possuem, como condicionantes naturais, às formas de relevo, à presença ou

ausência de cobertura vegetal, às características do solo – teor de umidade, taxa de infiltração, grau de saturação – além de estarem relacionadas às características morfológicas e morfométricas da bacia hidrográfica (TAVARES & SILVA, 2008).

A combinação dos fatores naturais com os condicionantes antrópicos pode intensificar a magnitude e frequência desses processos, uma vez que as ações antrópicas podem favorecer o aumento do escoamento superficial e a concentração de água em solos urbanos, já que estes são altamente impermeabilizados.

Como condicionantes antrópicos, podem ser citados o uso e ocupação irregular nas planícies e margens de cursos d'água; disposição irregular de lixo nas proximidades dos cursos d'água; alterações nas características da bacia hidrográfica (vazão, retificação e canalização dos cursos d'água, entre outras); além da já citada intensa impermeabilização dos solos urbanos (AMARAL & RIBEIRO 2009). Segundo Collins (2004), mais de 29 milhões de brasileiros residia em áreas suscetíveis a inundações, deixando vitimadas, em média, 100 pessoas por ano por estes desastres naturais.

Segundo Cooke e Doornkamp (1990) são três os fatores que se inter-relacionam para gerar e potencializar a ocorrência de inundações: fatores permanentes, mistos e transitórios. Os fatores mistos estão relacionados ao uso e ocupação do solo; os transitórios estão relacionados às chuvas, ao grau de saturação do solo e à evapotranspiração; por fim, os fatores permanentes estão associados às características morfométricas da bacia de drenagem e ao substrato rochoso.

Visando a compreensão dos fatores relacionados à ocupação e uso do solo, ou seja, do impacto gerado pela intensa impermeabilização dos solos nas cidades urbanas, foi selecionada a Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga, no município de São Paulo, Estado de São Paulo (**Figura 2**), para aplicação do método biótopo de área para avaliar o coeficiente de permeabilidade de diferentes Geótopos Urbanos em quatro tempos históricos.

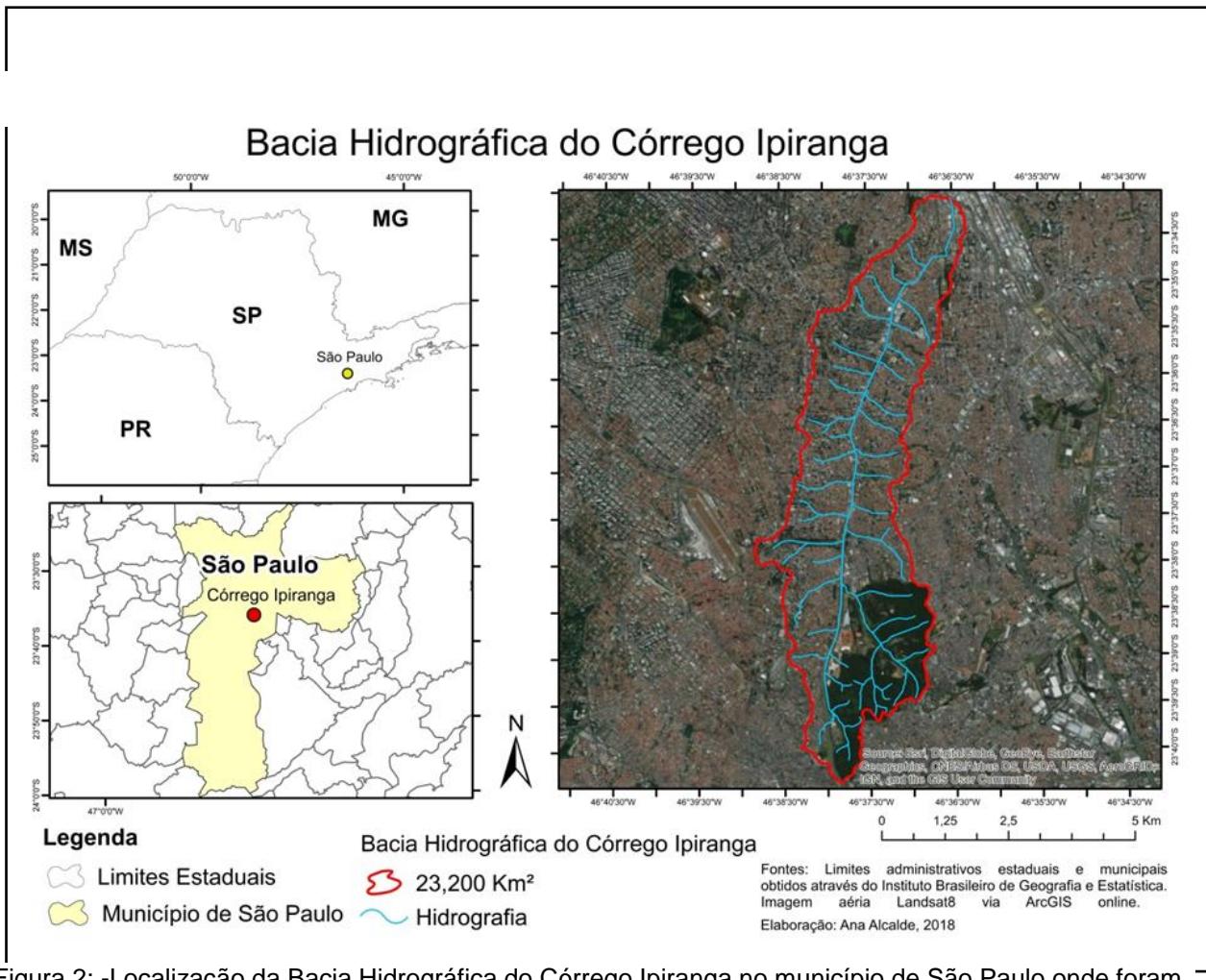


Figura 2: -Localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga no município de São Paulo onde foram selecionados três geótopos urbanos para aplicação do método BAF. Fonte: Autora, 2019.

A Bacia hidrográfica do Córrego Ipiranga, localizada na zona sul da cidade de São Paulo/SP, é um dos locais mais afetados por inundações da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). As inundações ocorrem frequentemente, sobretudo no verão, após precipitação pluvial moderada à intensa, sendo as áreas mais sujeitas aos processos de inundação são a Avenida Miguel Stefano, a Avenida Tereza Cristina e a Avenida Ricardo Jafet (**Figura 3**).



Figura 3: Inundação provocada por fortes chuvas em São Paulo. Destaque para as três áreas mais afetadas por inundações na Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga, município de São Paulo. Fonte: Prefeitura de São Paulo.

O mapeamento de geótopos tem sido bastante utilizado nas tentativas de apreender a complexidade dos sistemas ambientais em áreas urbanas. Segundo Bertrand (1971), os geótopos podem ser definidos como a menor unidade geográfica homogênea diretamente discernível na paisagem. Suas classificações são feitas obedecendo a classes que expressam o tipo de construção, a presença de arborização, densidade de construções, o tipo de cobertura das edificações, o tamanho aproximado dos lotes e sua função. Com isso, as classes de geótopos devem obedecer estritamente à morfologia, estruturas e processos originados pela intervenção antrópica em áreas urbanas.

Após a seleção dos geótopos foi feita a aplicação do método Biótopo de Área (BAF) que é um indicador de sustentabilidade elaborado dentro do programa paisagístico que obedece às leis de ordenamento da cidade de Berlim, na Alemanha. O objetivo dessa metodologia é a melhora da qualidade de vida urbana ao privilegiar a preservação e o desenvolvimento das funções do solo no controle hídrico, melhorar a qualidade microclimática, favorecendo a recarga hídrica e atraindo até mesmo a fauna ao promover o desenvolvimento vegetal (BLANES, 2011; BETTINE & CARVALHO 2012).

Essa proposta metodológica visa melhorias na qualidade de vida urbana, através do planejamento ambiental. Tentando amenizar os efeitos da crescente transformação de áreas naturais em centros urbanos, que modifica e prejudica o desenvolvimento da fauna e da flora, a qualidade da água, do ar e do solo, trazendo prejuízos à qualidade de vida urbana.

Assim, o objetivo central dessa pesquisa é aplicar o método Biótopo de Área (BAF) para identificar e quantificar os tipos de superfície com seus respectivos coeficientes de permeabilidade, para que assim seja possível verificar os efeitos do isolamento da superfície na ocorrência de inundação. Para isso foram selecionadas três áreas ao longo da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga, onde foi feito o mapeamento do uso do solo e o posterior cálculo do índice BAF.

2. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA

2.1 Objetivos

O objetivo central dessa pesquisa foi aplicar o método Biótopo de Área (BAF), a partir de geótopos urbanos, para identificar e quantificar os tipos de superfície com seus respectivos coeficientes de permeabilidade em diferentes tempos históricos na Bacia Hidrográfico do Córrego Ipiranga, município de São Paulo/SP. Para isso, foram selecionados os seguintes objetivos específicos:

- I. Mapear e classificar os Geótopos Urbanos de 1930, 1962, 1994 e 2017 em três áreas amostrais;
- II. Identificar, através do método Biótopo de Área, os coeficientes de permeabilidade para cada um dos geótopos urbanos ao longo dos diferentes tempos históricos;
- III. Quantificar, através do método Biótopo de Área, os coeficientes de permeabilidade para cada um dos geótopos urbanos ao longo dos diferentes tempos históricos;
- IV. Analisar comparativamente os Geótopos Urbanos entre si e ao longo dos diferentes tempos históricos.

2.2 Justificativa

A Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga registra anualmente inúmeros eventos de inundação. Uma das primeiras grandes intervenções antrópicas que se tem registro data de 1922, como a retificação e canalização parcial do canal principal da bacia, compondo as obras comemorativas do Centenário da Independência. Além das mudanças nos canais fluviais, a subsequente ocupação urbana nessa área promoveu uma intensa impermeabilização do solo, provocando o aumento do escoamento superficial. Buscando compreender o impacto da impermeabilização e uso do solo na ocorrência de inundações foi selecionado a Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga para aplicação do método Biótopo de Área (BAF), a partir da seleção de três áreas amostrais pelos geótopos urbanos ao longo de 1930 a 2017.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA

3.1 Teoria geral dos sistemas e conceito de paisagem integrada

Segundo Venturi (2004) foram os naturalistas alemães que deram à Paisagem um significado científico. Esta categoria conceitual muito cara à ciência geográfica segue diferentes aplicações e definições a depender das orientações teórica-metodológicas das diferentes escolas geográficas – com ênfase nas escolas germânica, francesa, russa e americana.

Ao longo do século XIX, sob as bases do positivismo, os estudos da paisagem são marcados pela abordagem descritiva, buscando compreender a fisiologia e funcionalidade da paisagem, através da observação e da classificação dos fenômenos. Dessa forma, os estudos deveriam abarcar os aspectos visíveis do real, àquilo que é possível mensurar, que é palpável, pautando assim o trabalho científico ao domínio da aparência dos fenômenos (MORAES, 2000).

A paisagem, vista como estática, traria ao observador uma impressão que, passada pelo filtro racional e pela observação sistemática, conduziria à explicação da causalidade das conexões existentes na paisagem, assim, para Humboldt, um dos expoentes deste pensamento, “a causalidade introduz a unidade entre o mundo sensível e o mundo do intelecto” (GUERRA & MARÇAL, 2015).

Para Rougerie e Beroutchachvili (1991) Humboldt e Richithofen não só foram precursores do naturalismo como também foram muito importantes para o desenvolvimento da geografia alemã (ABREU, 2003). Com caráter enciclopédico, caberia à Geografia a descrição e comparação entre regiões, visando àquilo que é singular a cada paisagem. Essa concepção, que permanece até o início do século XX, cede lugar a uma compreensão mais integradora e dinâmica da paisagem, marcando, assim, a entrada da Teoria Geral dos Sistemas nos estudos das componentes da paisagem.

Baseada na segunda lei da termodinâmica a Teoria Geral dos Sistemas foi proposta pelo biólogo Ludwig Von Bertalanffy, em 1930. Nela, Bertalanffy sugere que “os sistemas podem ser definidos como conjuntos de elementos com variáveis e características diversas, que mantêm relações entre si e entre o meio ambiente. A análise poderá estar voltada para a estrutura desse sistema, para seu comportamento, para as trocas de energia, limites e ambientes ou parâmetros”

(GREGORY, 1992).

Dessa forma, os componentes da paisagem são vistos de maneira integrada, dotados de dinamismo, não bastando o estudo das partes e dos processos isolados, e sim um estudo que seja orientado para a compreensão dos problemas resultantes da interação das partes. A paisagem se apresenta, portanto, como uma materialização que expressa esse dinamismo resultante dos processos de interação e troca de matéria e energia (LAUTERT, 2010). Esse será o novo horizonte epistemológico que orientará os estudos geográficos.

O dinamismo do sistema advém da constante busca por equilíbrio, ou seja, do ajuste dos elementos dos sistemas às condições externas. Ainda que o equilíbrio dificilmente seja atingindo – sobretudo em se tratando de um sistema aberto com constantes alterações de matéria e energia – essa busca orientará o funcionamento do sistema. Assim, o sistema tenderá ao equilíbrio quando o *input* é compensado pelo *output*. Dessa forma, segundo Ross (1990):

[...] o ambiente natural encontra-se em estado de equilíbrio, porém não estático, graças ao mecanismo de funcionamento dos diversos componentes do sistema, é um princípio que se inspira na Teoria Geral dos Sistemas, sendo, portanto, entendida pela funcionalidade na entrada de fluxo de energia no sistema que produz determinado trabalho. (ROSS, 1990, p.26)

A Teoria Geral dos Sistemas se utiliza dessa busca pela compreensão da totalidade e também desse entendimento acerca da relação entre os fenômenos, servindo à Geografia Física uma vez que os princípios de interdisciplinaridade, síntese, abordagem multiescalar e dinâmica são caros à Geografia (RODRIGUES, 2001).

Autores como Sotchava (1977), Troll (1997), Bertrand (1971) e Tricart (1976, 1977) desenvolveram importantes trabalhos para a consolidação dos sistemas ambientais e abordagem integrativa. Além de concepção interativa do todo, dos elementos naturais dos sistemas, há também a compreensão de que a economia e a cultura humana se encontram em interação. Dessa forma, o conceito de paisagem para Geografia estaria estruturado na relação entre a natureza e cultura humana circunscrita espacial e temporalmente.

O geossistema é então essa associação de interdependência simultânea composta por fatores abióticos (atmosfera, hidrosfera e litosfera) que formam o

geoma; por componentes bióticos (fitomassa e zoomassa que constituem o bioma) e ainda por componentes antrópicos. Para Bertrand (1978) o entendimento a respeito do sistema perpassa pela compreensão dos elementos de forma integrada em um sistema estruturado verticalmente (geohorizontes) e em outro disposto horizontalmente (geofácies). (BERTRAND, 1978 in PASSOS, 2007:52-53). Segundo Bertrand, seu funcionamento está condicionado:

- Às transformações da energia solar, da qual apenas uma pequena parte é utilizada pela fotossíntese;
- Às transformações da energia gravitacional, que compreende a circulação da água, queda das folhas, os diversos processos erosivos associados à gravidade (desabamento etc.);
- Ao ciclo da água no interior do sistema (precipitação, evapotranspiração, escoamento etc.);
- Aos ciclos biodinâmicos, que comandam as transformações e as trocas quantitativas e qualitativas da matéria, por exemplo, da transformação da matéria viva por umificação e mineralização;
- Aos processos geomorfogênicos, que modificam os modelados e os volumes rochosos;
- Aos movimentos da massa aérea (vento, mudança de pressão etc)

Dessa forma, a compreensão da estrutura do sistema (distribuição das massas) bem como de seu funcionamento (balanço energético) está atrelada à entrada (energia solar, precipitação, mudança de temperatura etc) e à saída de matéria e energia (albedo, erosão, escoamento, evapotranspiração), estes elementos do sistema conduzem ao entendimento a respeito da estabilidade funcional entre essas constantes mudanças de estados dos geossistemas. (BERTRAND, 1978 in PASSOS, 2007:54).

Essas mudanças no geossistema se configuram como uma sucessão de estados que se manifestam e se realizam espacialmente, se materializando, dessa forma, sobre um terreno. O geótopo urbano seria então essa unidade de análise capaz de apreender a complexidade sem privilegiar fatores biológicos, colocando como centralidade o conjunto do meio geográfico, bem como o impacto das

atividades humanas que ocorrem em poucos metros quadrados. (BERTRAND, 1978 in PASSOS, 2007:54).

Para a classificação das unidades da paisagem, a partir de uma visão geossistêmica, Bertrand se utiliza de diferentes tipologias correlacionando-as às ordens taxonômicas do relevo. Para o estabelecimento das tipologias dos geossistemas Bertrand leva os seguintes parâmetros em consideração:

- O sistema de evolução- considerando a série de agentes e processos hierarquizados que atuam sobre o geossistema e as relações entre morfogênese, pedogênese e ação antrópica;
- O estágio em relação ao clímax;
- O sentido geral da dinâmica: progressiva, regressiva ou estável.

A tabela abaixo sintetiza a classificação feita por Bertrand (**Tabela 3**).

Tabela 3 - Classificação da paisagem proposta por Bertrand, 1971.

| Unidade de Paisagem | Escala tempo-espacial/ Grandeza | Exemplos em uma mesma série de paisagens | Unidades elementares | | | | |
|---------------------|---------------------------------|--|----------------------|-------------|---------------------|--------------------|--|
| | | | Relevo (1) | Clima (2) | Botânica | Biografia | Unidade valorada pelo ser humano |
| Zona | G I | Temperada | - | Zonal | - | Bioma | Zone |
| Domínio | G II | Cantábrico | Domínio estrutural | Regional | - | - | Domínio região |
| Região Natural | G III | Picos d Europa | Região Estrutural | - | Estágio série | - | Bairro rural ou urbano |
| Geossistema | G IV-V | Geossistema Atlântico montanhês (calcário sombreado faia higrófila a “Ausperula adorata” em “terra fusca”) | Unidade estrutural | Local | - | Zona equipotencial | - |
| Geofácies | G VI | Prado de Ceifa com “molino-Aethenatheretea” em solo lixiviado hidromórfico formado em depósito merâinico | - | - | Estádio agrupamento | - | Exploração o bairro parcelado (pequena ilha ou cidade) |
| Geótopo | G VII | “Lapies” de dissolução com “aspidium Lonhitia Sw” Em microsolo úmido carbonatado em bolsas | - | Micro-clima | - | Biótopo Bicenose | Parcela (p.ex. casa na cidade) |

3.2 Geossistema urbano

A cidade urbana, fortemente modificada por ações antrópicas, causa uma série de danos ambientais e para a qualidade de vida. Segundo Ross (1994) a estrutura físico-biótica do estrato geográfico é compreendida pela litosfera, hidrosfera, baixa atmosfera, biosfera e meio antrópico, assim a cidade urbana pode ser entendida também como um sistema aberto, onde as intervenções antrópicas alteram a dinâmica natural dos processos, atuando na modificação das morfologias da paisagem, do microclima e na dinâmica hidrológica.

Uma das principais e mais perceptíveis mudanças promovidas por interferência antrópica são àquelas referentes ao microclima, sintetizadas por Monteiro (1976) em:

- 1- A cidade modifica o clima através de modificações em sua superfície;
- 2- A cidade produz aumento de calor, competida por modificações na ventilação, na umidade e até na precipitação, que tendem a ser mais acentuadas;
- 3- A maior influência manifesta-se através de alterações na própria composição da atmosfera, atingindo condições adversas na maioria dos casos. A poluição atmosférica representa, no presente, o problema básico da climatologia das modernas cidades industrializadas.

Além disso, Nucci (2011) aponta que a rugosidade ocasionada pela posição das edificações influencia na movimentação de ar, podendo ocasionar uma dificuldade na dispersão dos poluentes em decorrência da queda da velocidade do vento. Outro efeito da morfologia dos conjuntos arquitetônicos é a redução dos albedos urbanos, que em média são 15% menores que os albedos de áreas rurais.

A partir de uma visão sistêmica, então, as ações antrópicas são entendidas como promotoras de mudanças. Como destaca Goudie (1986), ações antrópicas atuam nas mudanças de formas e nos processos e com isso tendem a aumentar a frequência e a magnitude dos eventos naturais. A urbanização exige uma série de mudanças no modelado do relevo como pode ser exemplificado por Carvalho (2001):

A remoção das rugosidades naturais ou mesmo antrópicas nas cidades, implica a ampliação, em termos absolutos, dos caudais escoados para idênticos eventos chuvosos, porque o escoamento mais rápido reduz a taxa de infiltração; esta mesma remoção de rugosidade e a consequente velocidade maior do fluxo provocam concentração mais rápida, significando que, para a vazão alcançar um determinado valor crítico, num ponto qualquer

de um canal de tempo e menor do que antes da obra (CARVALHO, 2001, p.).

Ross (2001), investigando as questões ambientais, afirma que as enchentes na Região Metropolitana de São Paulo têm causas naturais e antropogênicas. Dentre os fatores naturais na RMSP tem-se:

- Relevo de planícies marginais aos rios e córregos, e vales estreitos em relevos de morros ao redor das cidades;
- Índices pluviométricos elevados com episódios de chuvas concentradas no verão - índices anuais em torno de 1500mm/a, 70% concentrados entre 5 e 6 meses (outubro a abril), podendo ocorrer mais de 30mm em um único episódio de chuva (de 30 a 60 minutos), mais de 110mm por 4 horas seguidas de chuva.

Dentre as causas antrópicas:

- Ocupação urbana das planícies e fundos de vales planos estreitos;
- Remoção total da cobertura vegetal natural e baixa taxa de áreas verdes;
- Impermeabilização excessiva da superfície das terras ocupadas/urbanizadas;
- Estrangulamento do leito menor com construção de pontes de vão subdimensionado ou ainda com a instalação de tubulação de diâmetro inadequado;
- Estrangulamento do leito menor e maior dos rios e córregos por aterros para a construção de plataformas de ruas e avenidas;
- Diminuição do espaço de vazão do leito menor, por intenso processo de assoreamento;
- Estrangulamento do fluxo de vazão pelo acúmulo de lixo, sobretudo doméstico, atirado aos rios e córregos ou não recolhidos adequadamente pelo serviço público municipal de coleta de lixo;
- Construções impróprias de ruas, avenidas e passagens sob pontes nos fundos de vales e avenidas marginais;

Com isso, depreende-se que o ser humano foi promovendo, ao longo da história, intervenções cada vez mais intensas no meio, como alterações nas

características das bacias hidrográficas (vazão, retificação e canalização dos cursos d'água), movimentação de terra a partir de cortes e aterros, além de outras grandes obras civis, modificando a morfologia do terreno e ocasionando uma intensa impermeabilização dos solos com o avanço do processo de urbanização.

A redução da cobertura vegetal natural em decorrência desses intensos processos de urbanização gera uma interferência no equilíbrio aquífero das áreas urbanizadas, além de representar, pela maior impermeabilidade dessas áreas, um aumento do escoamento superficial, muitas vezes contribuindo para a ocorrência de inundações. Todas essas mudanças promovidas pela influência antrópica no sistema urbano precisam ser estudadas e analisadas visando um planejamento que seja capaz, efetivamente, de gerar melhorias na qualidade de vida.

O mapeamento de geótopos urbanos se apresenta como uma poderosa ferramenta de planejamento ambiental, uma vez que proporciona uma unidade de análise bastante detalhada, pela sua pequena área de abrangência, possibilitando uma ação bastante direcionada e, portanto, mais assertiva.

3.3 Fator biótopo de área

O método *Biotope Area Factor* (BAF) foi desenvolvido na Alemanha em 1990, pela prefeitura de Berlim, é um indicador de sustentabilidade elaborado dentro do programa paisagístico que obedece às leis de ordenamento da cidade de Berlin. Visando três funções básicas que foram sintetizadas na **Tabela 4**:

Tabela 4 - funções básicas visadas pelo Biotope Area Factor.

| BIOTOPE AREA FACTOR |
|---|
| Melhoria do microclima e da qualidade do ar |
| Preservação das funções do solo, possibilitando o aumento da infiltração da água, diminuindo o escoamento superficial |
| Aumento de áreas como habitat para plantas e animais |

Assim, o objetivo dessa metodologia é a melhora da qualidade de vida urbana ao privilegiar a preservação e o desenvolvimento das funções do solo no controle

hídrico, melhorar a qualidade microclimática, favorecendo a recarga hídrica e atraindo até mesmo a fauna ao promover o desenvolvimento vegetal (BLANES, 2011; BETTINE & CARVALHO 2012).

O indicador de sustentabilidade identifica e quantifica os tipos de superfícies com seus respectivos coeficientes de permeabilidade, dessa forma é possível compreender os efeitos de isolamento da superfície com o subsolo, interferindo no ciclo hidrológico acarretando em variados desequilíbrios no ecossistema. Além de quantificar áreas com “potencial ecológico” em relação à área total estudada, gerando um índice que varia de 0,0 a 1,0, em que 0,0 representa um espaço com nenhuma função ecológica (ex: áreas totalmente asfaltadas); e 1,0 representa uma área que satisfaz 100% de sua função ecológica.

Seu estabelecimento como lei no município de Berlim faz com que o BAF seja rigorosamente aplicado, assim os parâmetros instituídos pela metodologia devem ser cumpridos pelos proprietários dos terrenos, bem como pela própria prefeitura. Assim, foram sintetizados na **Tabela 5** os valores alvos estipulados pelo método *Biotope Area Factor*.

Tabela 5 - – Valores alvos estabelecidos pelo Biotope Area Factor.

| BIOTOPE AREA FACTOR – VALORES ALVOS | |
|-------------------------------------|--|
| BAF=0,60 | Mínimo a serem alcançadas para as novas construções residenciais nos terrenos e lotes urbanos, construções públicas de cunho social ou cultural e creches. |
| BAF=0,40 | Mínimo para áreas já existentes com função de recreação ou de escolas, uma vez que, por abrigar uma grande circulação de pessoas, deve possuir maior função ecológica. |
| BAF=0,30 | Mínimo estabelecido para áreas que possuem indústrias e comércio. Este mínimo deve ser obtido através de medidas compensatórias promovendo o verdejamento de paredes e telhados. |

Caminhando no mesmo sentido que os geótopos urbanos, a proposta metodológica de BAF visa melhorias na qualidade de vida urbana, norteando as práticas no planejamento ambiental. Tentando amenizar os efeitos da crescente transformação de áreas naturais em centros urbanos, que modifica e prejudica o desenvolvimento da fauna e da flora, a qualidade da água, do ar e do solo, trazendo prejuízos à qualidade de vida urbana.

4. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO E TECNICO-OPERACIONAIS

4.1 Procedimentos técnico-operacionais

Para a classificação dos Geótopos Urbanos foi utilizada de maneira adaptada a proposta de Bedê *et all* (1997), situada no Manual para Mapeamento de Biótopos no Brasil. Os critérios utilizados pelo autor abarcam o conceito de estrutura e função das unidades de paisagem de um sistema urbano.

Dessa forma, foram selecionadas três áreas amostrais e foi feita a classificação dessas áreas segundo os padrões construtivos, tipo de cobertura das edificações, densidade de ocupação, presença de arborização, tamanho aproximado dos lotes. A seleção das três áreas amostrais teve como base o mapa de uso da terra, que por sua vez foi uma adaptação das classes estabelecidas por Blanes (2011).

A base cartográfica utilizada foi a SARA Brasil de 1930, as Aerofotos SAA de 1962 e Aerofotos Terrafoto de 1994, além do World View de 2017 para a elaboração e seleção dos mosaicos georreferenciados. O mapeamento dos geótopos foi confeccionado pelo software *ArcGIS 10.3*, com as funções de georreferenciamento e a função de edição vetorial, através da qual foram feitos os polígonos de 20.000 m² (100x200m).

Após a seleção de polígonos de 20.000 m² que representam os geótopos urbanos, foi realizada a aplicação do método Biótopo de Área, identificando e quantificando o coeficiente de permeabilidade para os diferentes geótopos analisados ao longo dos quatro tempos históricos (1930, 1962, 1994 e 2017).

4.2 Aplicação do método *biotope area factor*

Para aplicar o método BAF na área analisada, foi necessário realizar o mapeamento dos geótopos de cada uma das amostras selecionadas. De acordo com a literatura, com os trabalhos de campo e com as bases cartográficas, foram selecionados o Geótopo Econômico e os Geótopos Residenciais, sendo um de baixo padrão e outro de alto padrão (**Figura 4**).

LOCALIZAÇÃO DOS GEÓTOPOS URBANOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO IPIRANGA

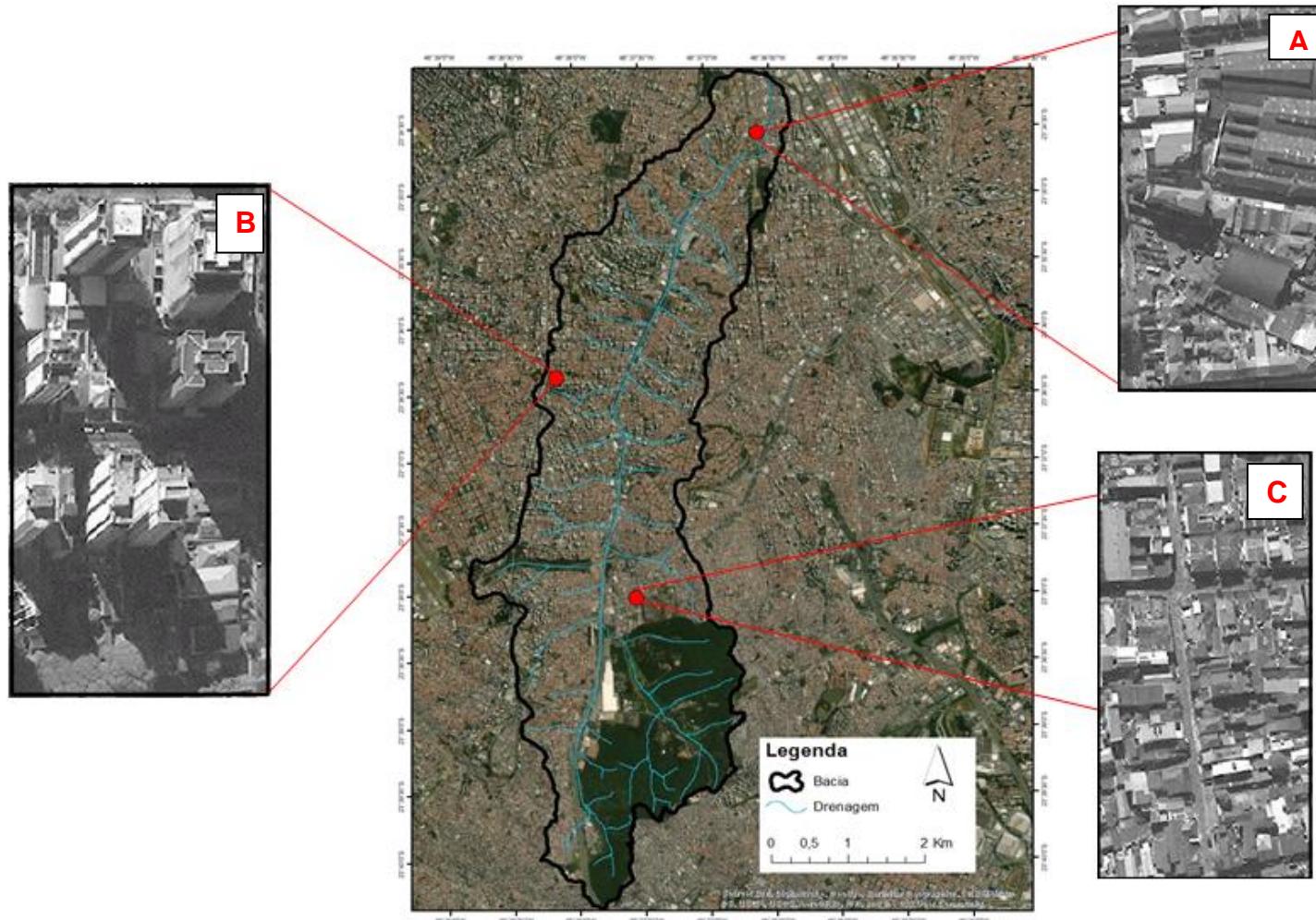


Figura 4: Localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga com as três áreas selecionadas: a área (A) corresponde à Amostra de “Geótopo Econômico”; as Áreas (B) e (C) correspondem às Amostras de “Geótopos Residenciais”, sendo: a Área (B) correspondente ao “Geótopo Prédios de Alto Padrão Construtivo” e a Área (C) correspondente ao “Geótopo Casas de Baixo Padrão Construtivo.

Após a seleção das áreas amostrais foi iniciado o mapeamento dos geótopos urbanos, em ambiente SIG, em seguida foi aplicado o método BAF a partir da identificação de diferentes tipos de superfície (**Figura 5 e 6**).

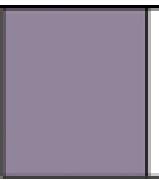
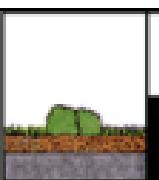
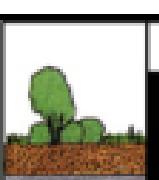
| Tipo de superfície | Coeficiente de permeabilidade | Descrição da superfície |
|--|-------------------------------|---|
|  Superfícies seladas. | 0.0 | A superfície é impermeável ao ar e água e não tem cultura de plantas. (Ex. concreto, asfalto, ladrilhos com base sólida.) |
|  Superfícies parcialmente seladas. | 0.3 | A superfície é permeável ao ar e água, mas sem cultura de plantas. (Ex. blocos de escória, pavimentação de mosaicos, placas em base de areia ou cascalho.) |
|  Superfícies semi-abertas. | 0.5 | A superfície é permeável ao ar e água; infiltração, cultura de plantas (Ex. cascalho com grama, blocos de madeira, tijolos com grama.) |
|  Superfícies com vegetação desconectada do solo. | 0.5 | Superfícies com vegetação em telhados de sótãos ou garagens subterrâneas com menos de 80 cm de cobertura no solo. |
|  Superfícies com vegetação desconectada do solo. | 0.7 | Superfície com vegetação não conectada ao solo, mas com mais de 80 cm de cobertura. |
|  Superfícies com vegetação conectada do solo. | 1.0 | Vegetação conectada ao solo, disponível para o desenvolvimento de flora ou fauna. |

Figura 4: Diferentes tipos de superfície com seus respectivos índices BAF. Fonte: Lucilia Blanes, 2011

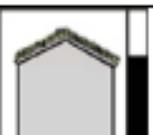
| | | |
|---|------------|---|
|  | 0.2 | Infiltração de água pluvial para recuperação do lençol freático; infiltração em superfície com vegetação existente. |
|  | 0.5 | Muros cobertos de vegetação e muros externos sem janelas; altura de até 10 m. |
|  | 0.7 | Cobertura extensiva de telhados com plantas. |

Figura 5: Diferentes tipos de superfície com seus respectivos índices BAF. Fonte: Lucilia Blanes, 2011.

Tendo finalizada a identificação dos diferentes tipos de superfície para os quatro tempos históricos (1930, 1962, 1994 e 2017) foi feito o cálculo BAF para cada uma das áreas da seguinte forma (**Figura 7**):

$$\text{BAF} = \frac{(\text{Área 1} = \text{área do tipo de superfície 1} \times \text{coeficiente de permeabilização}) + (\text{Área 2} = \text{área do tipo de superfície 2} \times \text{coeficiente de permeabilização}) + (\text{Área 3} = \text{área do tipo de superfície 3} \times \text{coeficiente de permeabilização})}{\text{Total da Área Amostral}}$$

Figura 7 - Cálculo BAF.

Dessa forma o calculo é feito partindo-se da identificação de diferentes tipos de superfície, como pode ser observado no exemplo a seguir, cuja área total do terreno corresponde a 479 m² e a área construída equivale a 279 m² (**Figura 8**):

| | |
|--------------------------|--------------------|
| Área total do lote | 479 m ² |
| Área construída | 279 m ² |
| Área não construída | 200 m ² |
| Razão da área construída | 59 % |

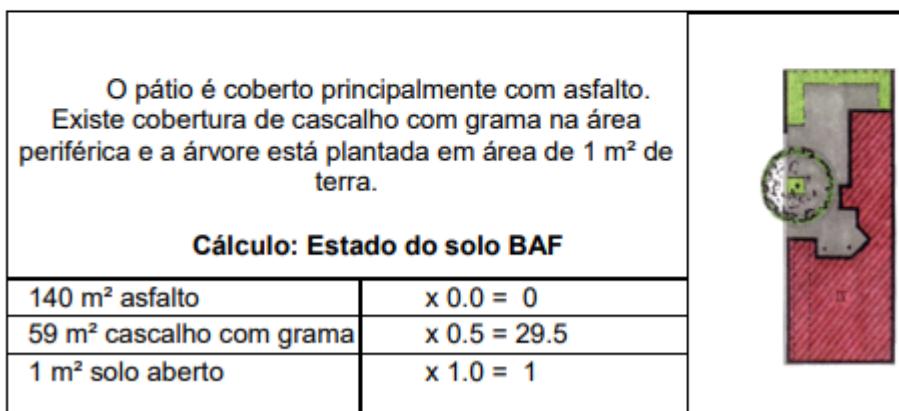
$$\text{BAF} = \frac{30.5}{479} = 0.06$$


Figura 7: Demonstração do cálculo BAF a partir da identificação dos diferentes tipos de superfície.
Fonte: Lucilia Blanes, 2011.

5. ÁREA DE ESTUDO

5.1. Localização da área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga possui uma área de 23,2 Km² e está localizada nos bairros da Água Funda e Ipiranga, na zona sul do município de São Paulo (**Figura 9**). Abrangendo três subprefeituras: Jabaquara, Vila Mariana e Ipiranga (**Figura 10**).

BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO IPIRANGA

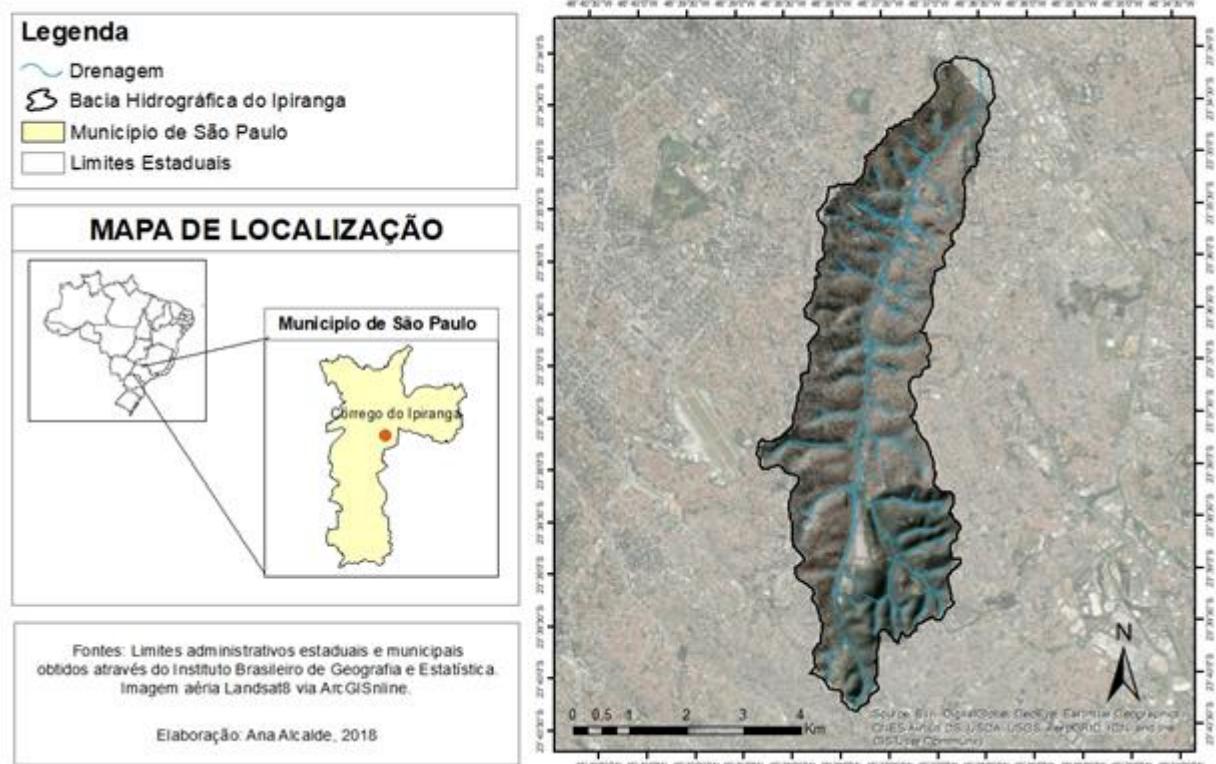
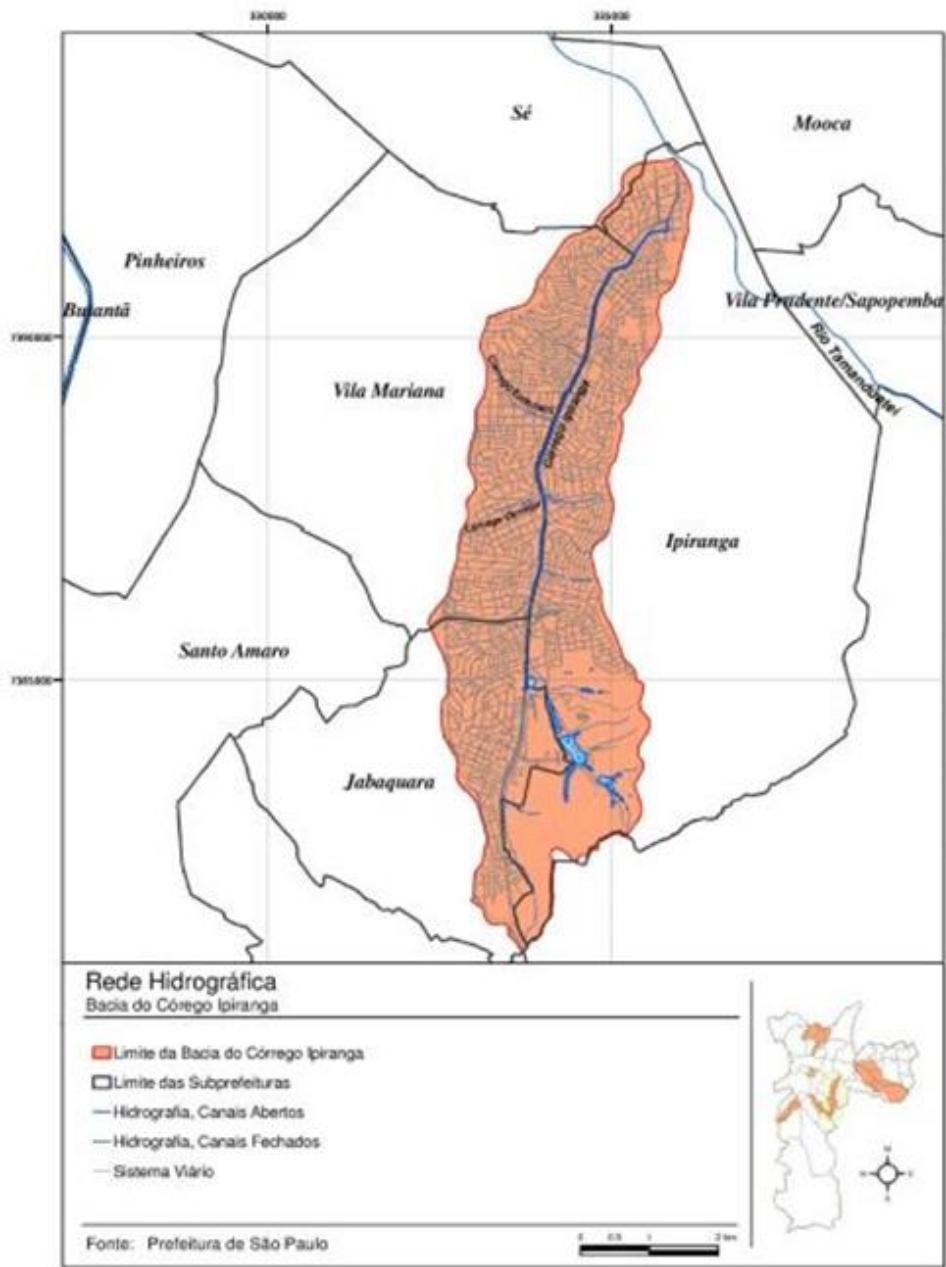


Figura 8: Localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga no município de São Paulo. Fonte: Autora, 2018.



Bacia do Córrego Ipiranga

Figura 9: Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga em relação a Subprefeituras de Jabaquara, Vila Madalena e Ipiranga. Fonte: Prefeitura de São Paulo.

Inserida na UGRHI 06 – Alto Tietê (Mapa das Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo – UGRHI, 2014). A bacia do Córrego Ipiranga é uma das principais afluentes do rio Tamanduateí, suas nascentes estão localizadas no Parque Estadual Fontes do Ipiranga, reserva natural de mata atlântica situada na porção sul da cidade - estando distribuídas no Parque CienTec e nas instituições Jardim Botânico de São Paulo e Zoológico de São Paulo.

O trajeto percorrido pelo córrego do Ipiranga passa por importantes avenidas

que ligam a Zona Sul ao centro da cidade – Professor Abrahão de Moraes, Ricardo Jafet e Teresa Cristina – até desaguar na margem esquerda do Rio Tamanduateí, na Avenida do Estado.

Trata-se de uma bacia de quarta ordem densamente ocupada. Atualmente 82% da área da Bacia encontram-se impermeabilizados, com apenas 18% sendo remanescentes da Mata Atlântica. A intensa impermeabilização dos solos causa um grande impacto no ciclo hidrológico e na recarga hídrica da bacia, o que pode contribuir para uma maior ocorrência nos casos de inundações.

5.2. Caracterização física

5.2.1. Geologia

A Bacia Sedimentar de São Paulo – que abriga a maior região metropolitana do Brasil – localiza-se no Planalto Atlântico, portanto encontra-se na porção leste do Estado de São Paulo. Com idade terciária, este hemi-gráben é composto por uma grande diversidade litológica, pertencendo a um conjunto de bacias traçogênicas ligadas ao Rift Continental do Sudeste do Brasil – RCSB (MELO et al., 1985; RICCOMINI, 1989).

O embasamento da Bacia de São Paulo é constituído por terrenos policíclicos do Cinturão de Dobramentos Ribeira compostos por rochas ígneas e metamórficas relacionados à tectônica distensiva (HASUI et al. 1975). Com uma área superior a 1.000 Km², possui rochas sedimentares distribuídas irregularmente em uma faixa maior de 75 km entre Embu-Guaçu a oeste e Arujá a leste e menor de 25 km no eixo entre Santana, ao norte e Santo André ao sul (RICCOMINI & COIMBRA, 1992; RICCOMINI et al., 2004).

Essa depressão original – hemi-graben – é composta por planície aluvial e lacustre que datam do paleógeno e pelos depósitos fluviais meandrantes, aluviais e coluviais do Neógeno ao Quaternário (RICCOMINI, 1989). Assim, o preenchimento da Bacia de São Paulo corresponde aos processos deposicionais do paleógeno do Grupo Taubaté, composto por um sistema de leques aluviais associados à planície aluvial de rios entrelaçados da Formação Resende, um sistema playa-lake da Formação Tremembé e um sistema meandrante da Formação São Paulo. A Formação Itaquaquecetuba, de idade neógena, se constitui em um sistema fluvial entrelaçado (**Figura 11**) (RICCOMINI, 1989; RICCOMINI et al. 2004).

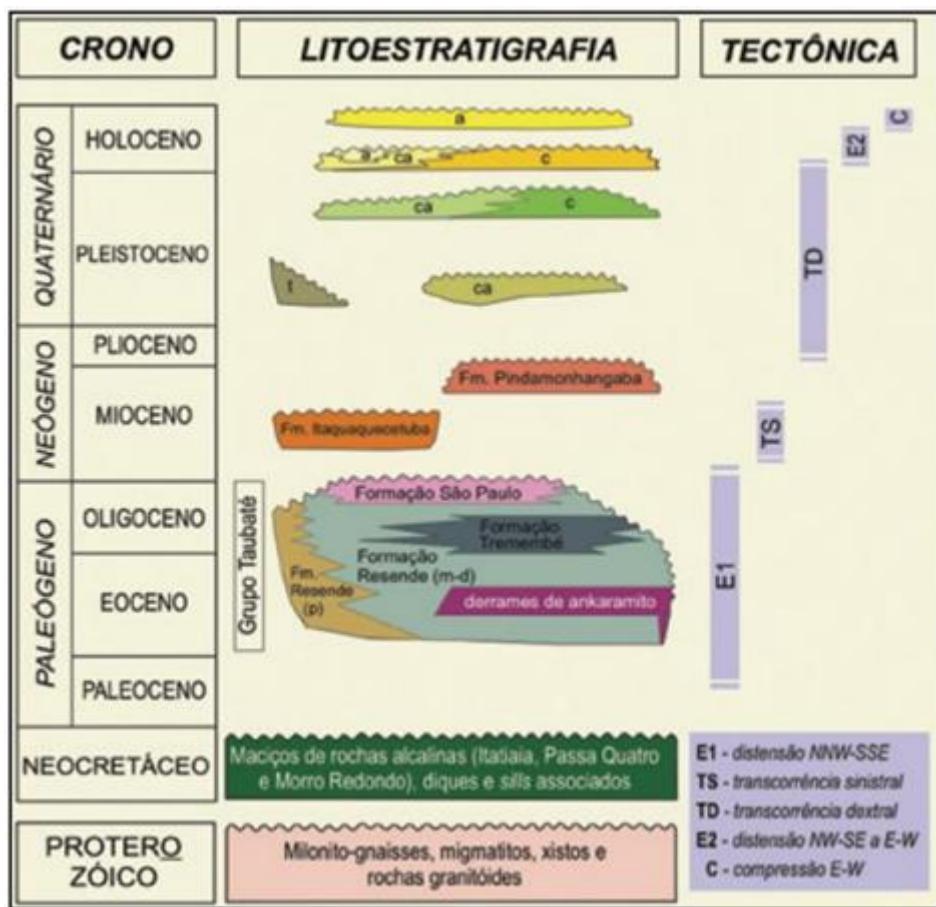


Figura 10: Litoestratigrafia e evolução tectno-sedimentar do segmento central do RCSB – Letras: p: Leques Aluviais próximas; m-d: Leques Aluviais medianos a distais associados a planície aluvial de rios entrelaçados; t: depósitos de tálus; c: depósitos coluviais; ca: depósitos colúvio-aluviais; a: depósitos aluviais. Fonte: Riccomini et al. 2004.

Com uma área de 23,2 Km², a Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga é um reflexo dessa diversidade litológica. Em sua composição verifica-se o Complexo Embu e uma unidade de rochas granitoides, além de Sedimentos Cenozóicos representados pela Formação Resende e Formação São Paulo e sedimentos aluviais do Quaternário.

Compondo o Embasamento Pré-Cambriano, o Complexo Embu é formado por migmatitos, filitos, xistos, gnaisses migmatizados e corpo lenticulares de quartzitos, anfibolitos e rochas calciosilicatadas. De maior ocorrência no embasamento da bacia, ocorre na porção centro-sul da Região Metropolitana de São Paulo. Segundo Rodriguez (1998), com base no IPT (1981a) e DNPM/CPRM (1991) sua idade data do Proterozóico Superior.

Referente aos Sedimentos Cenozoicos que integram o Grupo Taubaté, a Formação Resende é constituída por uma unidade basal e lateral de um sistema de leques aluviais associados à planície fluvial de rios entrelaçados. Esta formação possui dois principais tipos de litofácies: a primeira que, ao promover a hidrotermalização dos sedimentos, no contato com o embasamento e pela percolação das águas quentes ao longo de falhas de reativação cenozoica, deu origem a dickita, argilomineral do grupo das caulinitas; a segunda litofácie corresponde arenitos intercalados com lamitos compondo os leques aluviais em posição distal, relacionados aos rios entrelaçados. Nesta litofácie ocorrem esmectitas dentríticas, argilomineral do tipo expansivo (2:1), resultante da hidrolise parcial, indicando um clima de semi-aridez e drenagem ineficaz (RICCOMINI, 1989; RICCOMINI, COIMBRA & TAKIYA, 1992).

A Formação São Paulo, que também integra o Grupo Taubaté, corresponde aos depósitos fluvial de sistema meandrante, constituída por areia grossa a média que variam para finas, com a presença de siltes e argilas (SUGUIO et al. 1971). Constituída por conglomerados e arenitos de estratificação plano-paralelas, acanaladas ou cruzadas. Sobreposta transicionalmente aos sistemas de leques aluviais da Formação Resende, indicam mudanças para condições paleoclimáticas mais úmidas e de maior estabilidade tectônica da bacia. (RICCOMINI, 1989; RICCOMINI, COIMBRA & TAKIYA, 1992).

Os depósitos quaternários englobam colúvios e aluviões de pequena espessura com distribuição restrita que datam do Pleistoceno e Holoceno. Os depósitos do Pleistoceno têm predomínio de colúvios argilo-arenosos, enquanto que os depósitos Holocénicos apresentam coluviões e aluviões em várzea e baixos terraços, cujas espessuras raramente ultrapassam 10 metros.

As unidades litoestratigráficas aqui descritas estão explicitadas no mapa geológico para a Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga organizada por Negri (2018) (**Figura 12**).

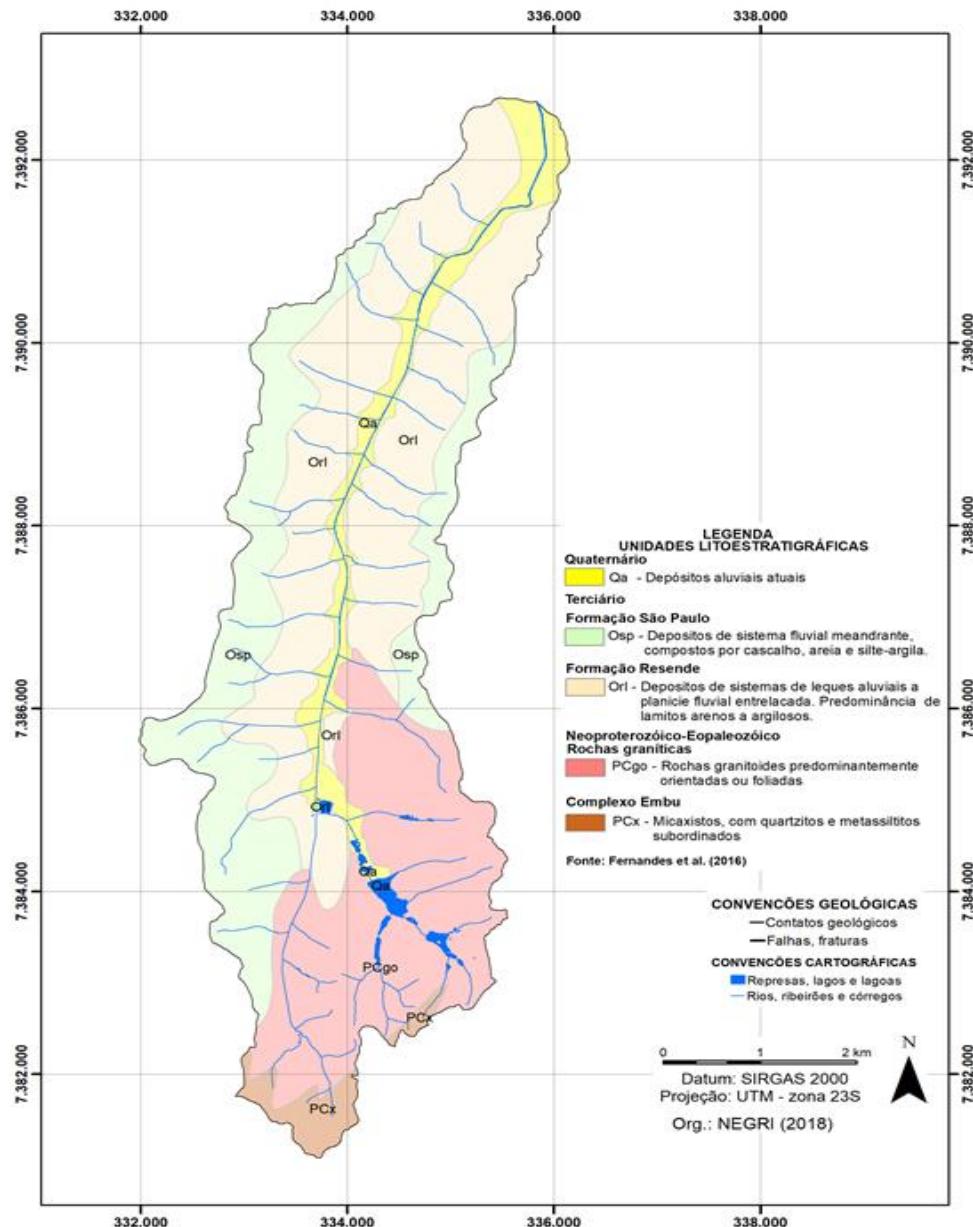


Figura 11: Unidades litoestratigráficas da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga. Fonte: Amaral, 2020.

4.1.2. Geomorfologia

Segundo a compartimentação geomorfológica proposta por Ross em 1985, baseada nos conceitos de morfoestrutura e morfoescultura, a Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga está localizada sobre duas unidades morfoestruturais: o Cinturão Orogênico do Atlântico e a Bacia Sedimentar Cenozóica.

O conceito de morfoestrutura encontra-se balizado em grandes conjuntos estruturais, litológicos e geotectônicos que possuem relação entre si, ou seja, uma mesma gênese. A morfoestrutura da Bacia Sedimentar Cenozóica está localizada sobre o Rift Continental do Sudeste do Brasil, que é uma feição alongada e deprimida, paralela à linha de costa, com uma extensão de aproximadamente 800 Km (RICCOMINI, 1989).

A gênese do Rift Continental do Sudeste do Brasil está relacionada à formação de um hemi-graben resultante da reativação de antigas zonas de cisalhamento brasilianas, que promoveram o adernamento de blocos no sentido NNW, limitados por falhas e pela formação de hemi-grabens, que foram preenchidos por uma considerável camada de sedimentos, sendo que, a partir deste conjunto litoesratigráfico, formou-se a Bacia Sedimentar de São Paulo.

Dessa forma, segundo Ross (1987) a Bacia Sedimentar de São Paulo, de idade terciária, juntamente com o Planalto Atlântico, pré-cambriano à terciário, correspondem a unidade morfoescultural da Bacia Sedimentar de São Paulo. Por unidade morfoescultural compreende-se a atuação dos processos de alternância climática sobre a estrutura. Estes dois conceitos, morfoestrutura e morfoescultura serviram de base para a definição de uma ordem taxonômica para a realização do mapeamento geomorfológico do Estado de São Paulo realizado por Ross (ROSS & MOROZ, 1987).

Sendo a morfoestrutura correspondente ao primeiro táxon, a morfoescultura referente ao segundo táxon e a unidade de padrões de formas semelhantes no relevo correspondente ao terceiro táxon. No que se refere à Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga, os padrões de formas semelhantes correspondem ao Planalto de São Paulo, composto por colinas, patamares e espiões, que datam do Terciário e Quaternário. Além do Planalto Paulistano, cretáceo-terciário, composto por serras e morros cristalinos com o predomínio de processos de denudação. A planície fluvial, por sua vez, data do quaternário, e é composta por terraços fluviais e planícies de inundação com relevo plano, de origem fluvial e coluvionar.

Especificamente na Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga é possível notar à montante, onde há o predomínio do embasamento cristalino, maiores declividades, com altitudes que variam de 760 a 855 m, que compõem o Cinturão Orogênico do Atlântico. Em contraste com a jusante da Bacia do Ipiranga, que se desenvolve sobre formações sedimentares do Grupo Taubaté, com a presença de colinas, patamares e espiões.

A planície fluvial da Bacia Hidrográfica do Ipiranga encontra-se encaixada nas Colinas Sedimentares, apresentando relevo plano de origem fluvial e coluvionar, com a presença de depósitos turfosos holocênicos, que recobrem parte dos terraços fluviais, das planícies de inundação e também sopés das colinas (AB'SABER, 1957).

5.1.4. Caracterização climática regional

A Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga está localizada na transição entre o Clima Tropical de Altitude, com período seco bem definido, e Clima Subtropical da porção sul do país, com umidade permanente (TARIFA E ARMANI, 2001 apud BERGES, 2013). Dessa forma, apresenta uma estação quente e úmida, de outubro a março, uma estação fria e relativamente seca de abril a setembro, juntamente com variações de ritmos e sucessões de tempos em decorrência das frentes polares.

Segundo o “Atlas Ambiental do Município de São Paulo” de 2002, a partir do mapa das unidades climáticas naturais, a bacia está localizada em altas colinas e cumeadas planas do Espigão Central (Paulista) (IA2); em colinas, patamares e rampas face Leste do Espigão Central (IB3) e ainda em várzeas e os baixos terraços do Vale do Tamanduateí (IC2) (**Figura 13**).

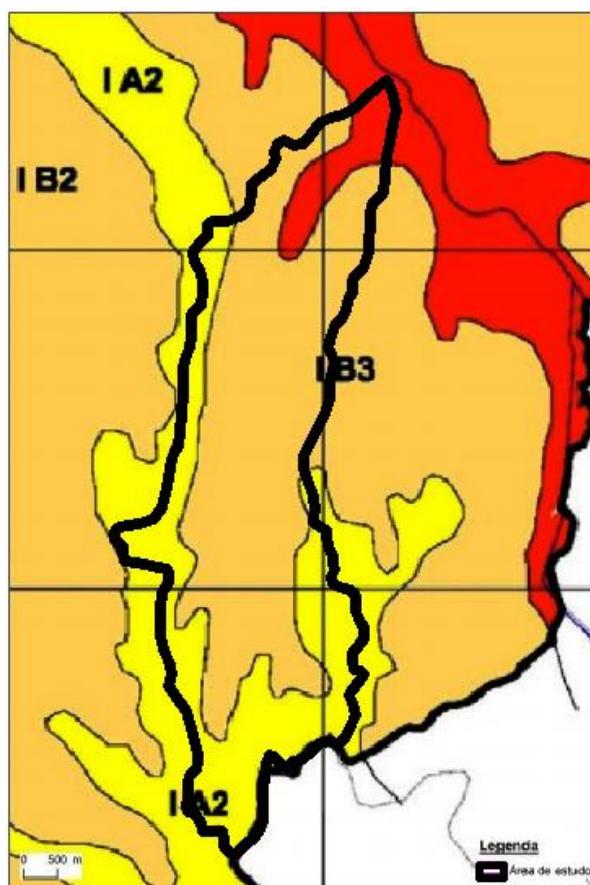


Figura 12: Unidades climáticas naturais. Fonte: Atlas Ambiental do Município de São Paulo, disponível em: <<http://atlasambiental.prefeitura.sp.gov.br/pagina.php?B=mapas>>.

A dispersão de poluentes nas várzeas e baixos terraços é afetada devido à calmaria das áreas rebaixadas. Esse processo é intensificado pela localização das grandes vias de circulação que estão situadas no fundo do vale do Tamanduateí que potencializando assim ainda mais este efeito (**Figura 14**) (TARIFA & ARMANI, 2001 apud BERGES, 2013).



Figura 13: - Bairro do Ipiranga onde é possível observar a concentração de poluentes. Fonte: Atlas Ambiental do Município de São Paulo.

Além disso, a intensa impermeabilização do solo e redução de áreas verdes impacta na circulação do ar e na manutenção de um ambiente mais quente, o que pode ser percebido a partir do mapa de temperatura da superfície também disponível no “Atlas Ambiental do Município de São Paulo” (**Figura 15**).

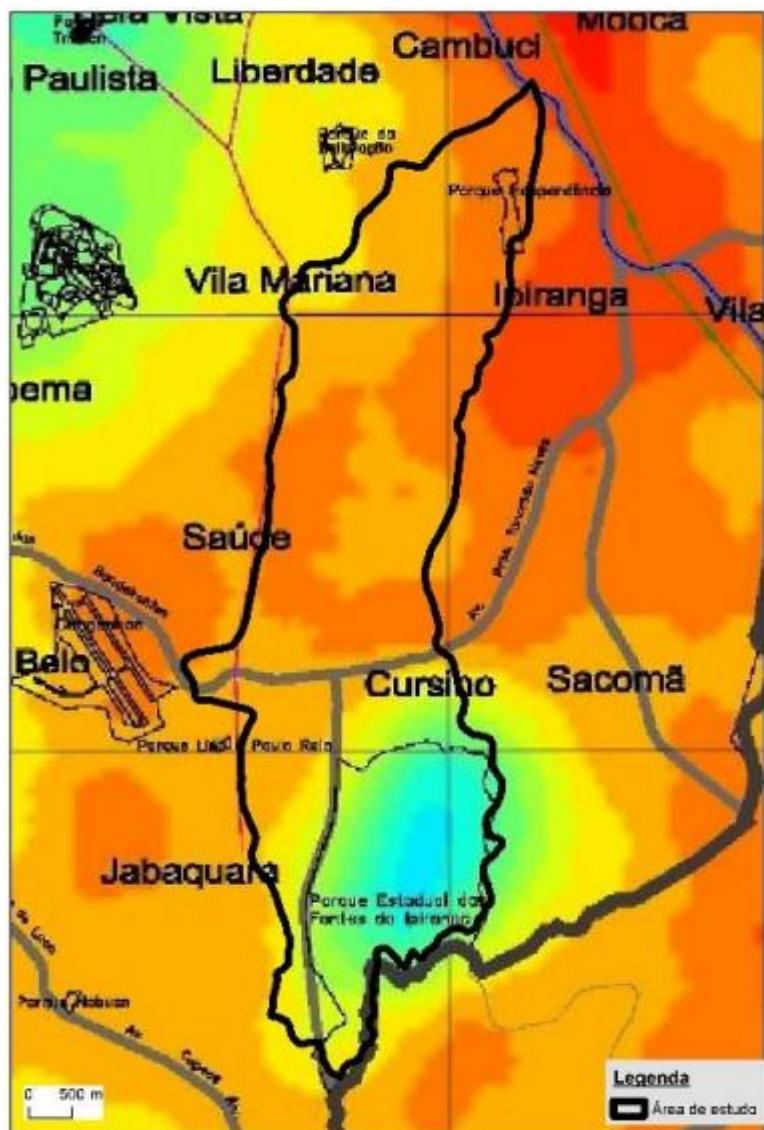


Figura 14: Temperatura da superfície. Fonte: Atlas Ambiental do Município de São Paulo, disponível em: <http://atlasambiental.prefeitura.sp.gov.br/pagina.php?B=mapas>, acesso em 06/11/2020.

É possível notar que onde os tons tendem às cores quentes estão localizadas as tradicionais áreas industriais do bairro do Ipiranga – ao longo da Avenida do Estado – além das principais vias de circulação, comércios e serviços – Avenida Ricardo Jafet, Ruas Bom Pastor e Silva Bueno; em contraste com os tons de cores mais frios, com temperaturas mais amenas onde se localiza o Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (**Figura 16**).



Figura 15: Parque Estadual das Fontes do Ipiranga. Fonte: Atlas Ambiental do Município de São Paulo.

5.3 Breve histórico de ocupação

Se para Lefebvre (2001) o processo de industrialização é o indutor do processo de urbanização, sendo então a cidade urbana produto do processo de industrialização, no Brasil, como aponta Simoni (2015), ocorre o contrário, a urbanização parece anteceder a industrialização. Dessa forma, tem-se que o urbano foi a condição da industrialização da economia brasileira.

Assim, inseri-se a cidade de São Paulo, onde o processo de industrialização esteve comprometido com a absorção do capital excedente deslocado geograficamente das fronteiras agrícolas. A passagem, então, de uma economia agroexportadora para uma economia urbano-industrial pressupõe o urbano, não tendo propriamente o urbano como resultado (SIMONI, 2015).

O município de São Paulo tem a expansão de seu processo de urbanização a partir do século XIX, comprometida com a absorção do capital excedente advindo, sobretudo, da economia cafeeira. Em 1867, com o objetivo de permitir o escoamento das lavouras de café do oeste paulista ao litoral, foi construída a São Paulo Railway (SPR). Autores como Penteado (1958), Gaiarsa (1968), Langenbuch (1971) e Passarelli (1994) ressaltam a importância da construção da ferrovia para a industrialização do município de São Paulo.

As áreas de várzea logo foram escolhidas para a implementação da ferrovia, tanto pelo seu baixo custo, devido às áreas planas, quanto pelas inundações periódicas que desvalorizavam tais áreas. Assim, cortando a cidade de São Paulo no sentido noroeste-sudeste, a ferrovia possibilitou a inserção de áreas antes consideradas distantes dos centros, pelo seu difícil acesso, dentro do circuito de valorização, reforçando também a centralidade de São Paulo através da construção da ferrovia – já que esta canalizava para a capital toda a produção do interior que se destinava ao porto de Santos.

O bairro do Ipiranga insere-se nesse contexto como sendo um exemplo expressivo dessa paisagem industrial. Desde o período colonial, a região foi uma importante rota, sobretudo para os tropeiros, utilizada por eles tanto para seu descanso, quanto para parelhas de suas mulas. Por ser esse importante eixo de ligação entre São Paulo e Santos, ocorre, às margens plácidas do rio Ipiranga, a proclamação da independência do Brasil no dia 7 de setembro de 1822 por Dom Pedro I (**Figura 17**).



Figura 16: Pintura “Independência ou Morte” de Pedro Américo que retrata o momento da independência brasileira às margens do Riacho do Ipiranga, 1888. Fonte: Acervo do Museu Paulista.

É, porém, em uma carta escrita pelo Padre José de Anchieta, de 1579, que o nome Ipiranga aparece pela primeira vez em um documento histórico. Segundo o tupinólogo João Mendes Ipiranga significa “leito desigual e empinado”, para o viajante alemão Von Martius, entretanto, é a contração de duas palavras tupis “Água Roxa” ou ainda “Água Vermelha”.

Por ter sido desde o período colonial uma importante rota entre o interior e o litoral e por ter sido palco da proclamação da independência do Brasil, o bairro do Ipiranga experimentou sucessivas e intensas mudanças, sobretudo, ao longo do século XIX. Em 1886 foi inaugurada a Estação Ipiranga, servindo como uma das principais estações suburbanas da Santos-Jundiaí, desempenhando uma grande importância na edificação do prédio do Museu Paulista, uma vez que os materiais para construção do Museu chegavam pela estação Ipiranga.

Neste período o bairro era composto por pequenas fazendas e chácaras isoladas. Por mais de 350 anos as terras do Ipiranga foram consideradas improdutivas para o plantio, fazendo com que atividade econômica predominante fosse a pecuária. O processo de urbanização efetivo da região se deu em fins do século XIX, com o arroamento do bairro a partir da cessão de parte das terras do Conde José Vicente de Azevedo.

No inicio do século XX se instalaram as primeiras indústrias na região, sendo as primeiras de olarias, posteriormente essas indústrias forneceram matéria prima para o processo de urbanização da cidade de São Paulo. Ao longo do século XX o bairro se consolida como eminentemente industrial, o que pode ser explicado pelo baixo preço de seus terrenos e por sua localização que era beneficiada pelo ramal de estrada de ferro.

Na segunda metade do século XX Ipiranga se consolida enquanto bairro metropolitano já que também passou a integrar São Paulo e o litoral através da construção da Rodovia Anchieta em 1940. Além disso, o bairro era composto por clubes, cinemas e possuía importantes comércios.

Em 1960, o bairro apresentava uma ocupação bastante consolidada. Ao analisar as imagens aéreas e documentos históricos é possível estabelecer que o padrão de ocupação da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga foi mais intenso da foz à montante, bem como da planície fluvial às regiões de maior declividade da Bacia. O processo de verticalização do Bairro se intensificou em 1990, em decorrência da valorização imobiliária¹.

5.4 Breve histórico de ocorrência de inundação

Desde o início do século XIX as inundações periódicas passaram a ocupar cada vez mais centralidade nas preocupações do poder público paulistano. Em 1940 as inundações passaram a fazer parte do cotidiano das pessoas que residiam no bairro do Ipiranga, provável reflexo da inclusão da região à área urbana da cidade de São Paulo desde 1930.

Trabalhos como o de Ferreira & Amaral (2017) e Santos & Amaral (2017) buscaram caracterizar os eventos de chuva (quantidade e intensidade) que predispõem à ocorrência das inundações, além de efetuarem um levantamento histórico de inundações a partir de fontes jornalísticas. No trabalho de Ferreira & Amaral (2017) a obtenção dos dados pluviométricos se deu junto ao Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG-USP).

Os dados pluviométricos foram extraídos da estação meteorológica localizada próxima às nascentes do Córrego Ipiranga. Os dados disponíveis compreendem um período de 1933 a 2013, portanto de 80 anos. A partir do levantamento realizado pelo trabalho de Ferreira & Amaral (2017) tem-se que os eventos de grande intensidade e curta duração (24h) são predominantes em comparação aos eventos de longa duração (72h).

Além disso, os autores constataram que a década de 80 a 90 apresentou maior quantidade de eventos de longa duração no período analisado, compreendido entre 1933 a 2013 (**Gráfico 1**). Os eventos de longa duração das últimas três décadas analisadas estavam associados à ocorrência de anos do fenômeno La Niña. Os autores ao correlacionarem os dados pluviométricos e as notícias de jornal,

¹ As informações aqui contidas foram extraídas de murais expostos na Estação de metrô Alto do Ipiranga, linha 2 – verde, localizada no município de São Paulo, em 21/04/2019.

verificaram que o volume mínimo registrado responsável pelo evento de inundação foi de 49,3 mm, em 1968.

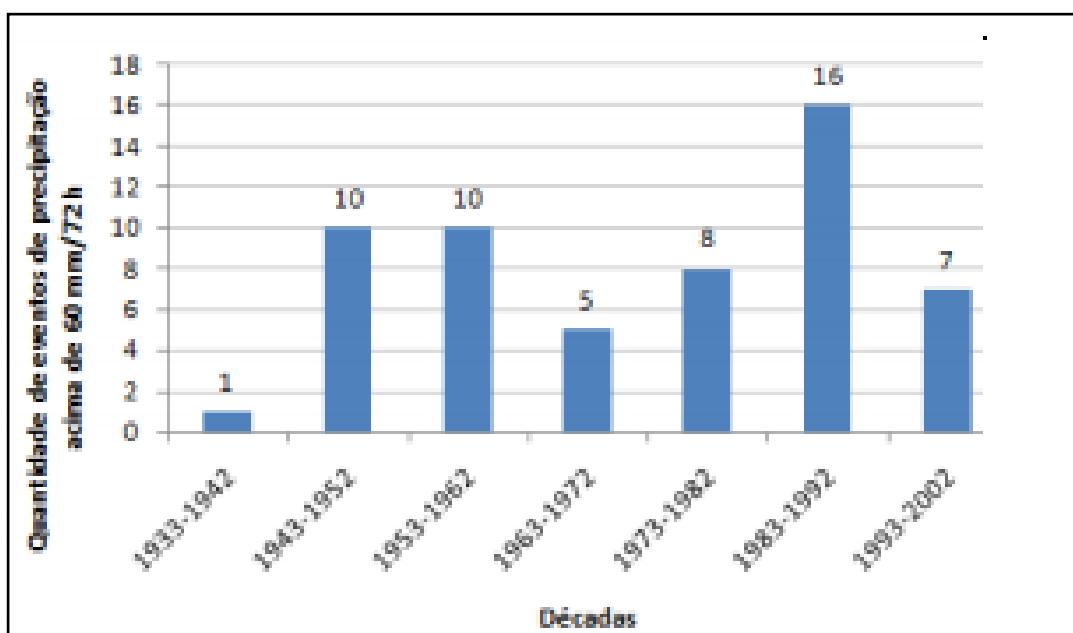


Gráfico 1: Quantidade de eventos de precipitação acumulada em até 72 horas acima de 60 mm, agrupados por décadas, entre 1930 a 2013, dados obtidos da Estação meteorológica E3-035 do IAG-USP. **Fonte:** Santos e Amaral, 2017.

O trabalho de Santos & Amaral (2017) sintetizaram os dados disponibilizados pelo CGE (Centro de Gerenciamento de Emergências), identificando os principais pontos de ocorrência de inundação (**Figura 18**), sendo eles as principais avenidas da região, localizadas às margens do córrego: Avenida Tereza Cristina, Avenida Prof. Abraão de Moraes e Avenida Dr. Ricardo Jafet.

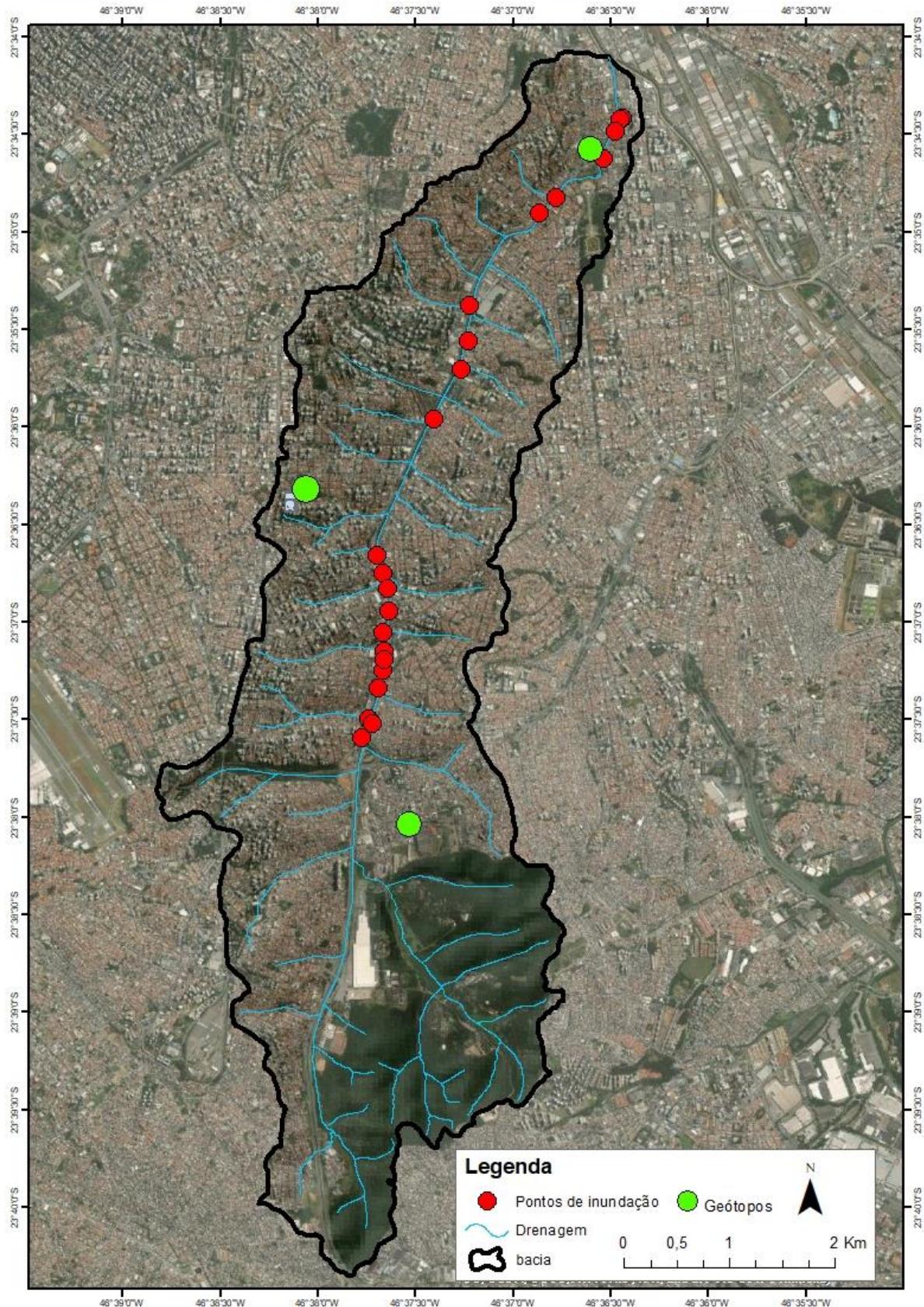


Figura 17: - Mapas de evento de inundação com a localização dos Geótopos. Fonte: Santos & Amaral, 2017.

6. RESULTADOS

Após o cálculo do coeficiente de permeabilidade, através do método *Biotope Area Factor*, nota-se uma acentuada impermeabilização do solo na Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga entre os anos de 1930 a 2017, com uma redução média de 97,14% do coeficiente de permeabilidade para as três áreas analisadas (**Gráfico 2**). Demonstrando um forte padrão de ocupação do solo urbano, com sua consequente impermeabilização, impactando assim na dinâmica hidrológica da bacia.

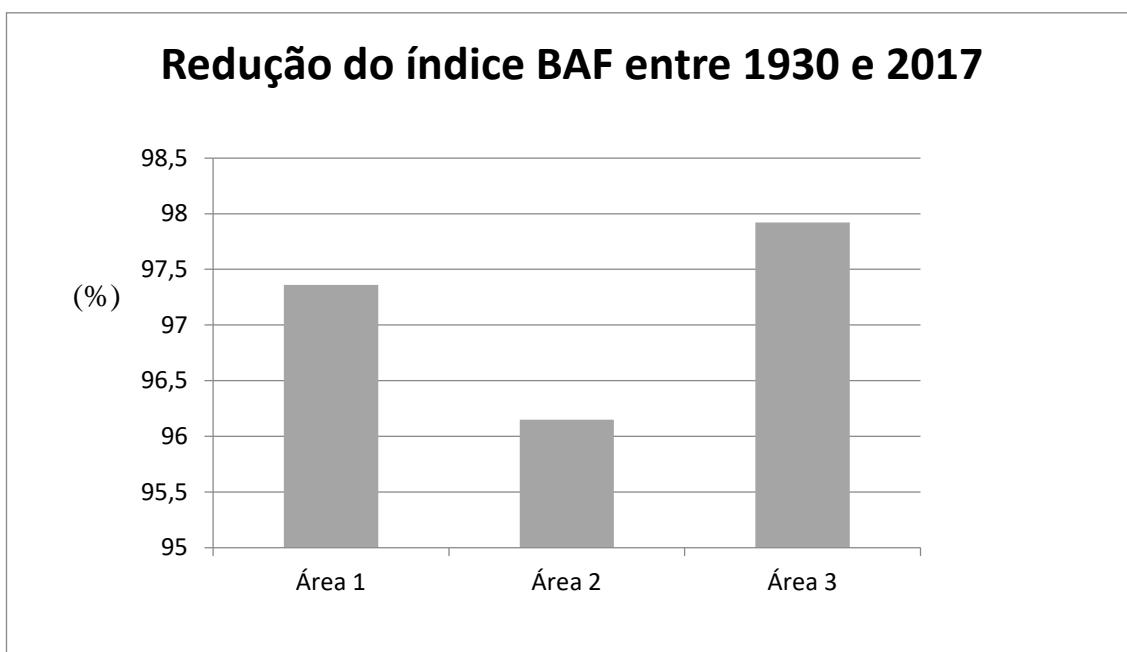
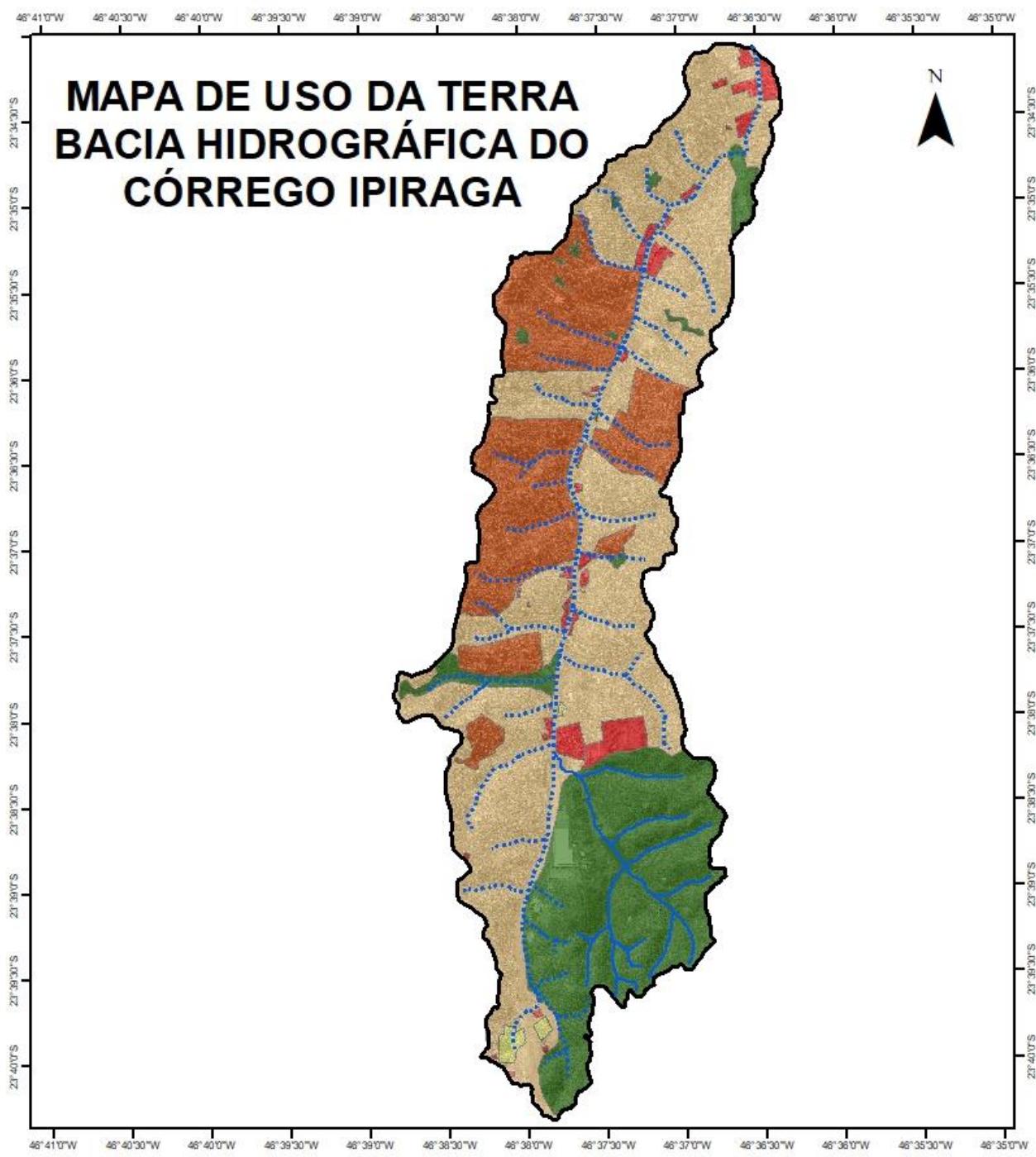


Gráfico 2: Redução do índice BAF, em porcentagem, entre 1930 e 2017 para as três áreas analisadas.

O mapa de uso da terra da bacia hidrográfica do córrego Ipiranga (**Figura 19**) aponta que aproximadamente 20% da bacia hidrográfica ainda possui predomínio de cobertura vegetal. Essa porcentagem, que corresponde algo em torno de 4,7 Km² do total da bacia, encontra-se localizada, majoritariamente no Parque Estadual Fontes do Ipiranga (PEFI). Enquanto que 90% do restante da área da bacia encontra-se em estágio de urbanização consolidada.



Legenda

- Hidrografia Preservada ou Semi-Preservada
- Curso d'água Tamponado ou Retificado
- bacia



Uso da Terra

- Área com predominio de Cobertura Vegetal
- Residencial - Alto Padrão
- Residencial - Médio Padrão
- Residencial - Baixo Padrão
- Indústrias, Comércios e Serviços

0 0,75 1,5 3 km

Figura 18: Mapa de Uso de Terra da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga. Fonte: Autora, 2020.

A elaboração do mapa de uso da terra se deu a partir da interpretação dos padrões de ocupação por meio do World View de 2017. A análise do mapa de ocupação revela certa heterogeneidade de ocupação, porém com o predomínio de uso residencial, comercial e industrial. A partir dessa análise foi possível estabelecer para o mapa de uso da terra as seguintes classes:

- Vegetação: classificada a partir de seu porte, textura, cor; sendo que as áreas de maior representatividade estão localizadas a sudeste da bacia hidrográfica do córrego Ipiranga, no Parque Estadual Fontes do Ipiranga (PEFI).
- Indústrias, comércios e serviços: edificações de porte variado, que compreendem desde prédios comerciais, escolas, delegacias a grandes galpões industriais;
- Residencial: esta categoria de uso foi subdividida levando em conta a textura identificada na leitura das fotos e características construtivas das edificações:
 1. Residencial de Alto Padrão: Composta por prédios de 5 andares, regularmente espaçados, com o atendimento de infraestrutura e construções de alto padrão, com piscinas, áreas verdes;
 2. Residencial Médio Padrão: são construções residenciais de até 4 andares regularmente espaçados com infraestrutura atendida, sendo o padrão de maior abrangência na área de estudo;
 3. Residencial de Baixo Padrão: Muito adensado a padrão de autoconstrução, muitas vezes sem atendimento de infraestrutura.

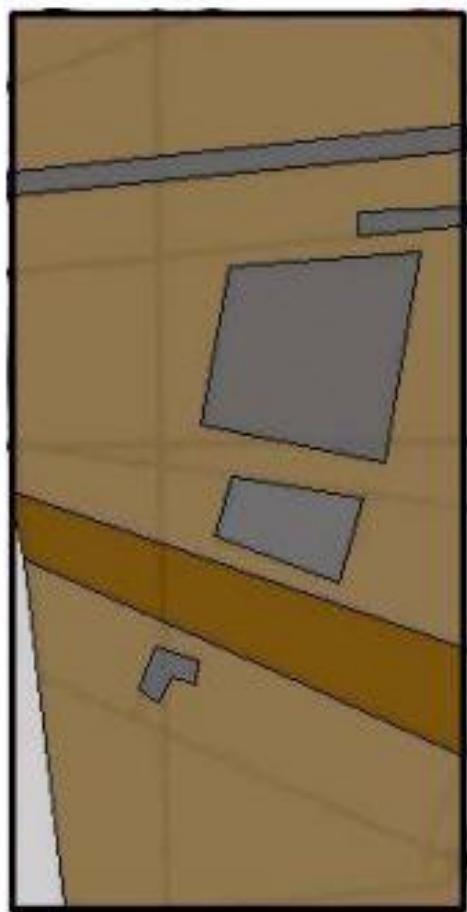
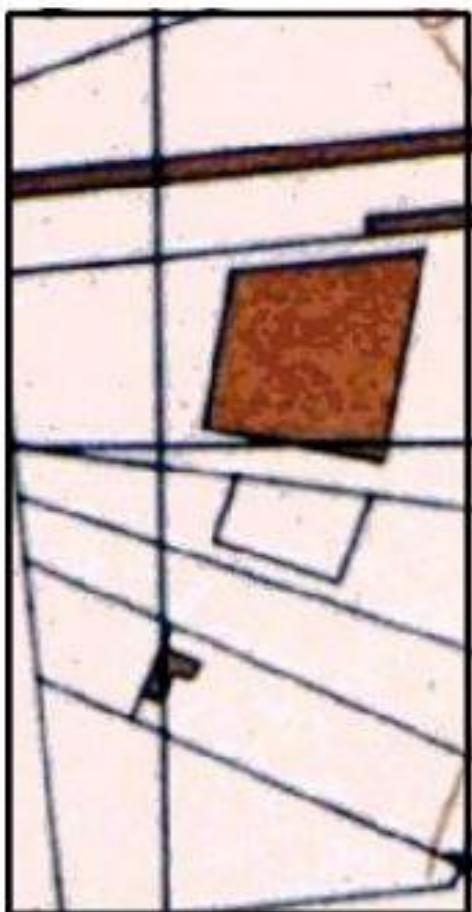
6.1 Geótopo Econômico

A primeira área analisada está localizada próximo à foz da Bacia Hidrográfica do Ipiranga, próximo à Av. Teresa Cristina, ponto recorrente de inundação. Esta é uma área com uma das ocupações mais antigas da bacia. Localizada na Vila Monumento, Zona Sul da cidade de São Paulo, é um bairro tradicional que está passando por um processo de expansão e, consequente, verticalização. Sobretudo após a chegada das linhas do sistema de metrô da cidade, que além de duas estações próximas, contará com a construção de mais outras estações, promovendo, nos últimos anos, uma grande valorização imobiliária na região.

O bairro é composto por rede de comércio e serviços, com colégios, supermercados, padarias, Igrejas, bancos, bares e restaurantes. Possuindo importantes vias de acesso que ligam a região a vários pontos da capital. Apesar de apresentar um uso predominantemente residencial, a área do bairro próxima a Avenida Teresa Cristina apresenta usos industriais de comércios e serviços, tendo sido, portanto, selecionada como representante do Geótopo Econômico da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga.

Assim, a partir da análise multitemporal do coeficiente de permeabilidade da **Área 1** é possível concluir que a redução no coeficiente de permeabilidade foi de **97,36%**, entre o período de 1930 a 2017, com o valor BAF passando de **0,76** para **0,02** (**Figura 3**). O período em que houve uma maior redução do coeficiente de permeabilidade, de acordo com o índice BAF, foi entre os períodos de 1930 a 1962, em concordância com as demais áreas analisadas.

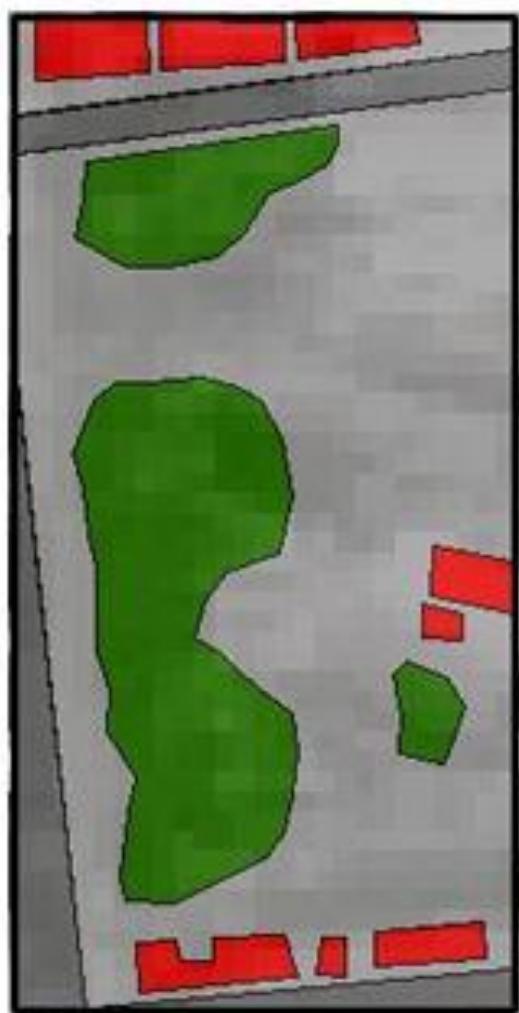
Cálculos BAF do Geótopo Geótopos Econômicos (1930)



Situação Existente

| Tipo de Superfície | m ² | % | Coeficiente de Permeabilização | BAF existente |
|---------------------------------------|----------------|-------|--------------------------------|---------------|
| Superfície Parcialmente Selada | 604,09 | 3,0 | 0,3 | |
| Arruamento de Terra | 1.897,01 | 9,5 | 0,3 | |
| Área Coberta | 2.966,08 | 14,83 | 0 | 0,76 |
| Áreas de Lotes Sem Construção (Terra) | 14.534,2 | 72,67 | 1 | |
| | | | | |

Cálculos BAF do Geótopo Geótopos Econômicos (1962)



Situação Existente

| Tipo de Superfície | m ² | % | Coeficiente de Permeabilização | BAF existente |
|---------------------|----------------|-------|--------------------------------|---------------|
| Asfalto | 2.216,34 | 10,42 | 0 | |
| Área Verde | 4.424,51 | 22,12 | 1 | |
| Área Coberta | 12.216,34 | 61,08 | 0 | 0,23 |
| Telhado de Cerâmica | 1.322,88 | 6,61 | 0 | |

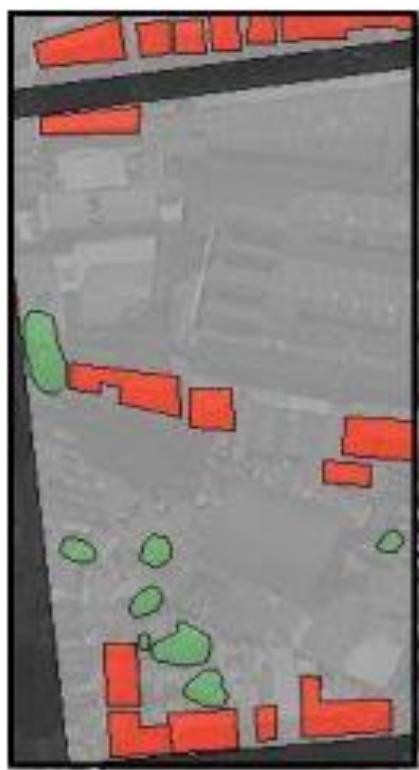
Cálculos BAF do Geótopo Geótopos Econômicos (1994)



Situação Existente

| Tipo de Superfície | m ² | % | Coeficiente de Permeabilização | BAF existente |
|---------------------|----------------|-------|--------------------------------|---------------|
| Asfalto | 2.137,77 | 10,68 | 0 | |
| Área Verde | 3.590,30 | 17,95 | 1 | |
| Área Coberta | 13.183,67 | 65,93 | 0 | 0,17 |
| Telhado de Cerâmica | 1.067,99 | 5,33 | 0 | |
| | | | | |

Cálculos BAF do Geótopo Geótopos Econômicos (2017)



Situação Existente

| Tipo de Superfície | m² | % | Coeficiente de Permeabilização | BAF existente |
|---------------------|----------|-------|--------------------------------|---------------|
| Asfalto | 2.087,5 | 10,43 | 0 | |
| Área Verde | 531,5 | 2,65 | 1 | |
| Área Coberta | 15.310,4 | 76,55 | 0 | 0,02 |
| Telhado de Cerâmica | 2.070,5 | 10,35 | 0 | |

Situação Pretendida

| Tipo de Superfície | m² | % | Coeficiente de Permeabilização | BAF pretendido |
|---|----------|-------|--------------------------------|----------------|
| Intertravado de Concreto | 2.087,5 | 10,43 | 0,3 | |
| Área Verde | 531,5 | 2,65 | 1 | |
| Superfície semi Aberta | 15.310,4 | 76,55 | 0,5 | 0,43 |
| Infiltração e/ou reuso da água no telhado | 2.070,5 | 10,35 | 0,2 | |

6.2 Geótopo Prédios de alto padrão construtivo

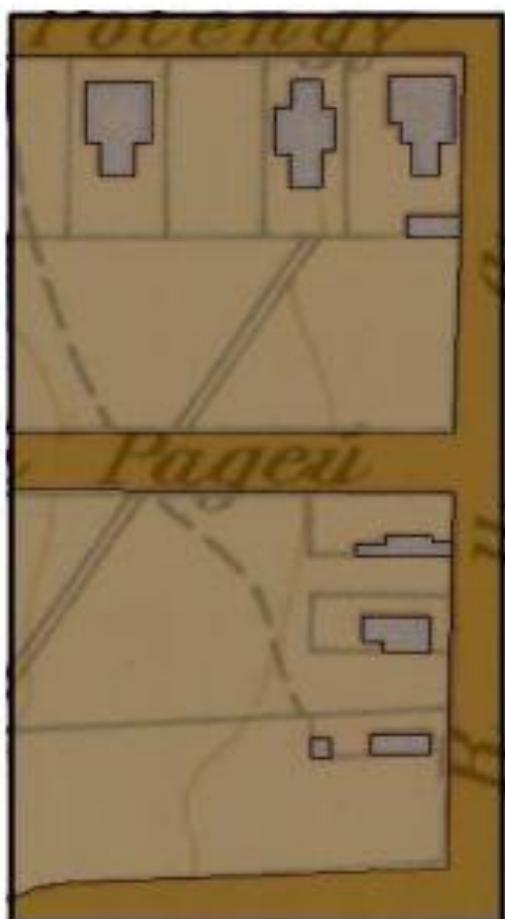
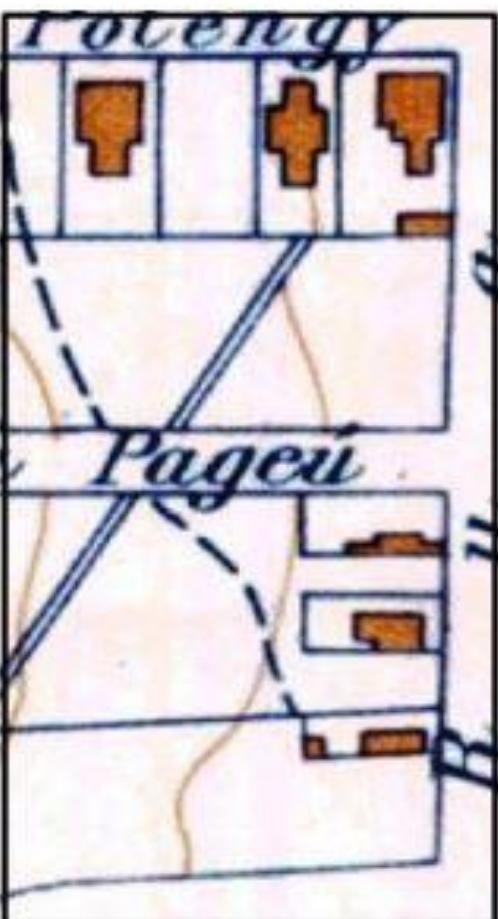
A segunda área analisada está localizada no Bairro Chácara Ingresa, próximo ao médio curso do canal principal da Bacia Hidrográfica do Ipiranga. A verticalização nessa área foi intensificada, sobretudo, a partir de 1990. Com a análise multitemporal do coeficiente de permeabilidade da **Área 2** é possível concluir que a redução no coeficiente de permeabilidade foi de **96,15%**, entre o período de 1930 a 2017, com o valor BAF passando de **0,78** para **0,03** (**Figura 4**).

A região é composta por prédios de apartamentos com área acima de 100 m², em sua maioria apresentando mais de 20 andares. No condomínio de cada prédio há jardins paisagísticos, piscinas, salas de fitness, salão de festas gourmet, saunas, brinquedoteca, pistas de caminhada, espaço pet, playground, etc.

A escolha da área do Geótopo de Alto Padrão Construtivo é bastante representativa em relação ao bairro, uma vez que este, assim como os condomínios fechados, apresentam praças com bastante área verde. Além disso, é um bairro constituído por uma grande quantidade de ladeiras e vias estreitas. O bairro abriga importantes vias, Ruas como Padre Machado e Afonso Celso promovem grande mobilidade e fácil acesso do bairro às principais regiões da cidade, como: Ipiranga, Vila Mariana, Jabaquara, Cursino, Moema, Cambuci, Aclimação, Vila Clementino, Vila Guarani e Bosque da Saúde.

Apesar de estar articulado a importantes vias, o bairro preserva características residenciais. A maioria dos moradores da Chácara Ingresa pertence à classe média alta, que residem em condomínios de alto padrão construtivo que se apresentam como verdadeiras muralhas edificadas, com um forte aparato de segurança. Esse intenso processo de valorização imobiliário ao qual o bairro esteve sujeito resultou em um dos metros quadrados mais caros da cidade de São Paulo.

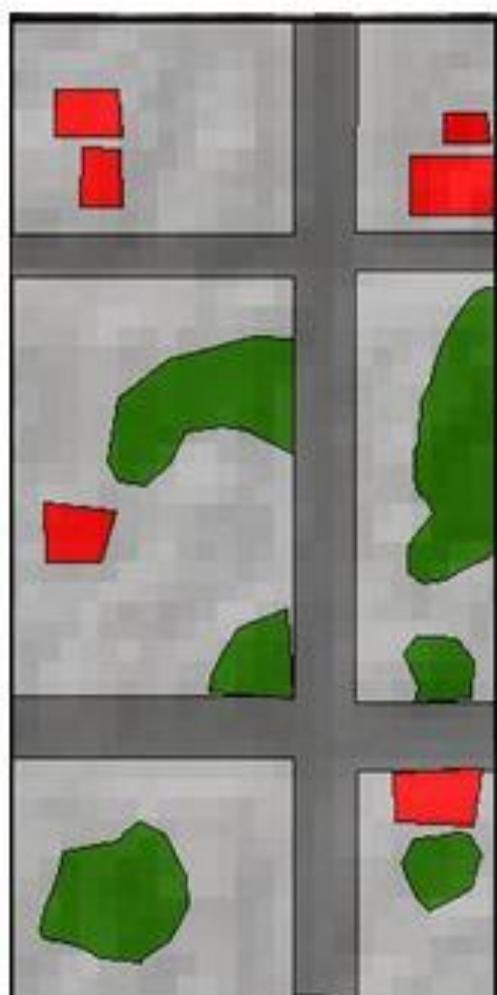
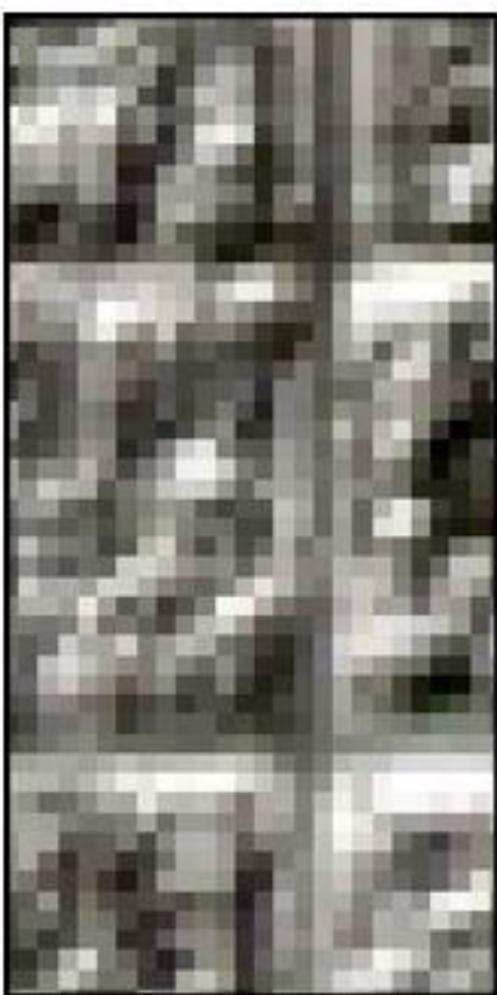
Cálculos BAF do Geótopo Prédios Alto Padrão Construtivo (1930)



Situação Existente

| Tipo de Superfície | m² | % | Coeficiente de Permeabilização | BAF existente |
|---------------------------------------|----------|-------|--------------------------------|---------------|
| Arruamento de Terra | 4.889,77 | 24,44 | 0,3 | |
| Área Coberta | 940,86 | 4,70 | 0 | |
| Areas de Lotes Sem Construção (Terra) | 14.169,4 | 70,84 | 1 | 0,78 |

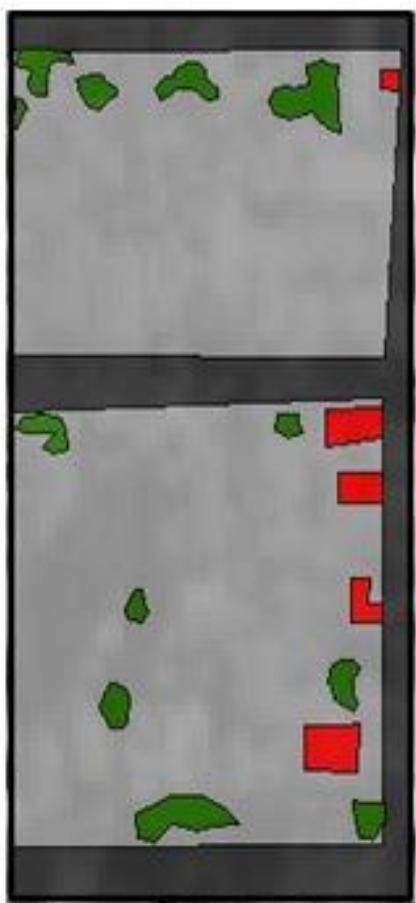
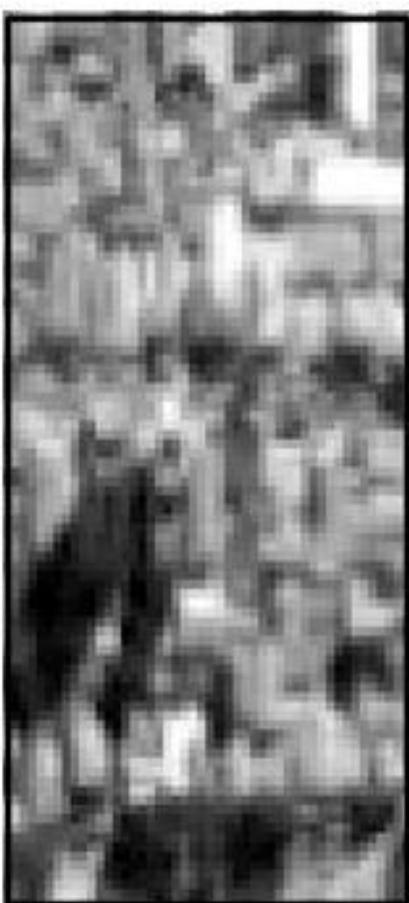
Cálculos BAF do Geótopo Prédios Alto Padrão Construtivo (1962)



Situação Existente

| Tipo de Superfície | m ² | % | Coeficiente de Permeabilização | BAF existente |
|---------------------|----------------|-------|--------------------------------|---------------|
| Asfalto | 4.429,26 | 22,14 | 0 | 0,13 |
| Área Verde | 2.693,96 | 13,46 | 1 | |
| Área Coberta | 16.479,22 | 82,39 | 0 | |
| Telhado de Cerâmica | 827,78 | 4,13 | 0 | |

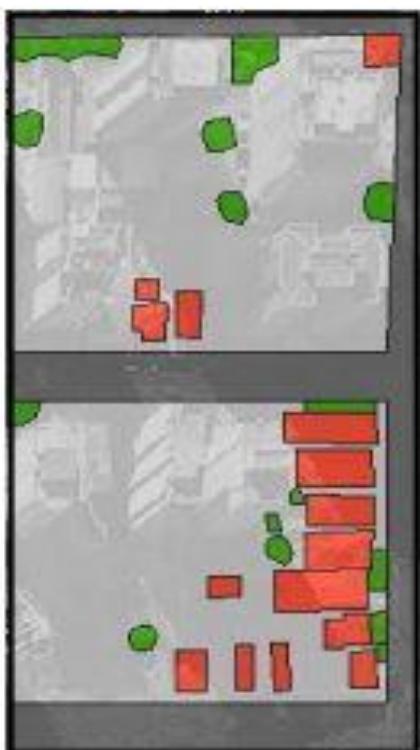
Cálculos BAF do Geótopo Prédios Alto Padrão Construtivo (1994)



Situação Existente

| Tipo de Superfície | m² | % | Coeficiente de Permeabilização | BAF existente |
|---------------------|-----------|-------|--------------------------------|---------------|
| Asfalto | 4.178,02 | 7,532 | 0 | 0,04 |
| Area Verde | 817,56 | 23,93 | 1 | |
| Area Coberta | 13.023,65 | 65,11 | 0 | |
| Telhado de Cerâmica | 699,50 | 3,49 | 0 | |

Cálculos BAF do Geótopo Prédios Alto Padrão Construtivo (2017)



Situação Existente

| Tipo de Superfície | m ² | % | Coeficiente de Permeabilização | BAF existente |
|---------------------|----------------|-------|--------------------------------|---------------|
| Asfalto | 4.278,04 | 21,39 | 0 | 0,03 |
| Área Verde | 786,73 | 3,93 | 1 | |
| Área Coberta | 13.355 | 66,77 | 0 | |
| Telhado de Cerâmica | 1.580,26 | 7,9 | 0 | |

Situação Pretendida

| Tipo de Superfície | m ² | % | Coeficiente de Permeabilização | BAF pretendido |
|---|----------------|-------|--------------------------------|----------------|
| Intertravado de Concreto | 4.278,04 | 21,39 | 0,3 | 0,41 |
| Área Verde | 786,73 | 3,93 | 1 | |
| Superfície semi Aberta | 13.355 | 66,77 | 0,5 | |
| Infiltração e/ou reuso da água no telhado | 1.580,26 | 7,9 | 0,2 | |

6.3 Geótopo Casas de baixo padrão construtivo

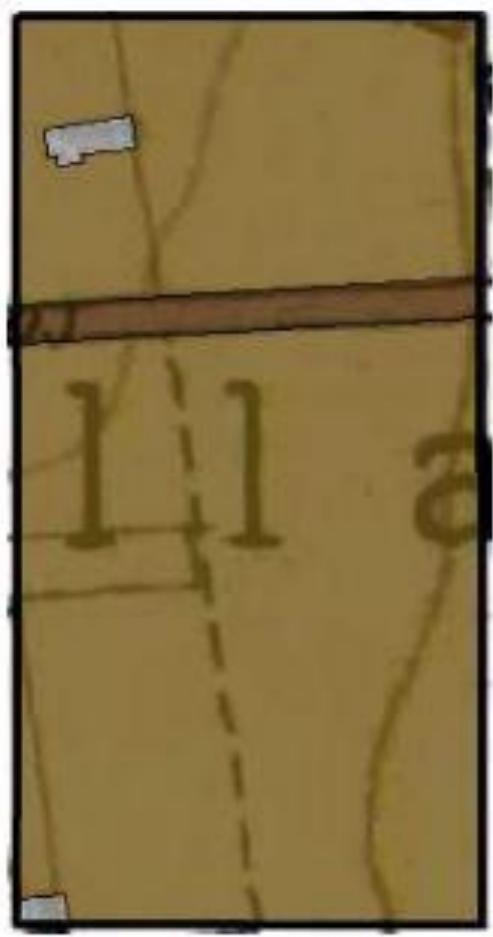
Localizado no Bairro Vila Água Funda, próximo à montante da Bacia Hidrográfica do Ipiranga, esse bairro possui áreas com residências de baixo padrão construtivo. Apresentando estruturas de autoconstrução, por vezes muito adensados, que em sua maioria não apresenta atendimento de infraestrutura (**Figura 20**).

Com a análise multitemporal do coeficiente de permeabilidade da Área 3 é possível concluir que a redução no coeficiente de permeabilidade foi de **97,92%**, entre o período de 1930 a 2017, com o valor BAF passando de **0,96** para **0,02**.



Figura 19: - Favela da Água Funda após forte chuva em 2010. Foto: Melina Resende/VC no G1).

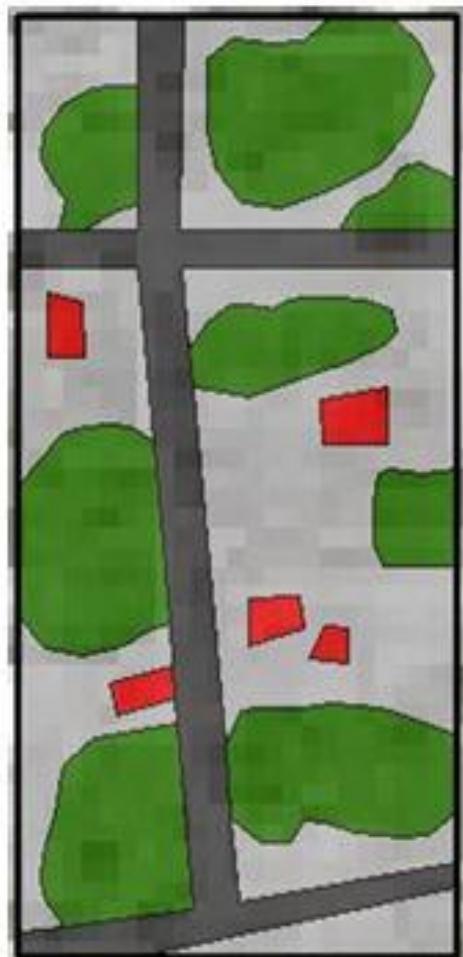
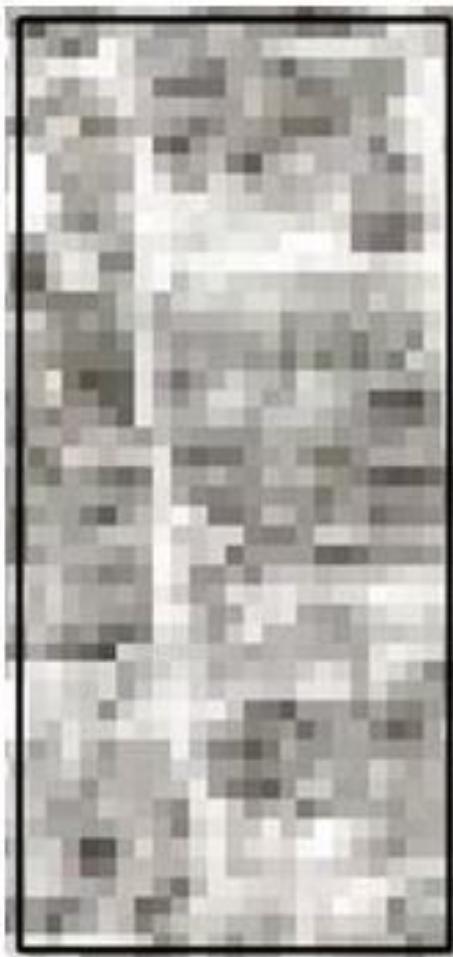
Cálculos BAF do Geótopo Casas de Baixo Padrão Construtivo (1930)



Situação Existente

| Tipo de Superfície | m² | % | Coeficiente de Permeabilização | BAF existente |
|---------------------------------------|----------|-------|--------------------------------|---------------|
| Arruamento de Terra | 876,43 | 4,38 | 0,3 | |
| Área Coberta | 203,61 | 1,01 | 0 | |
| Áreas de Lotes Sem Construção (Terra) | 19.123,6 | 95,61 | 1 | 0,96 |

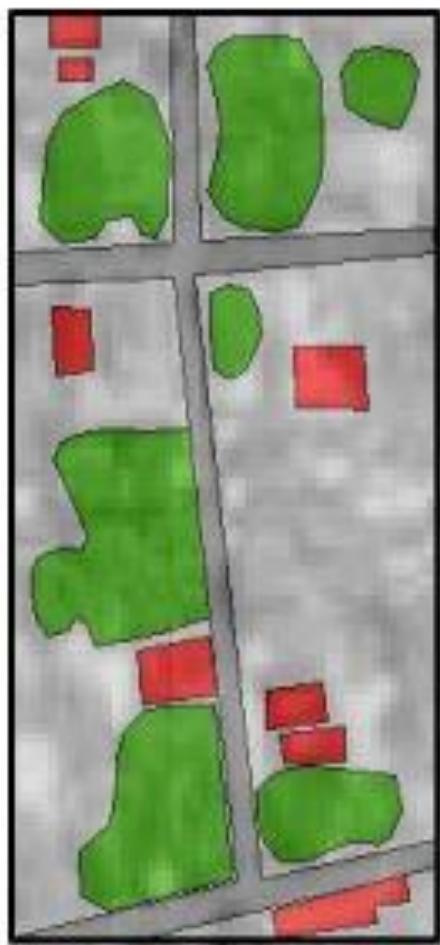
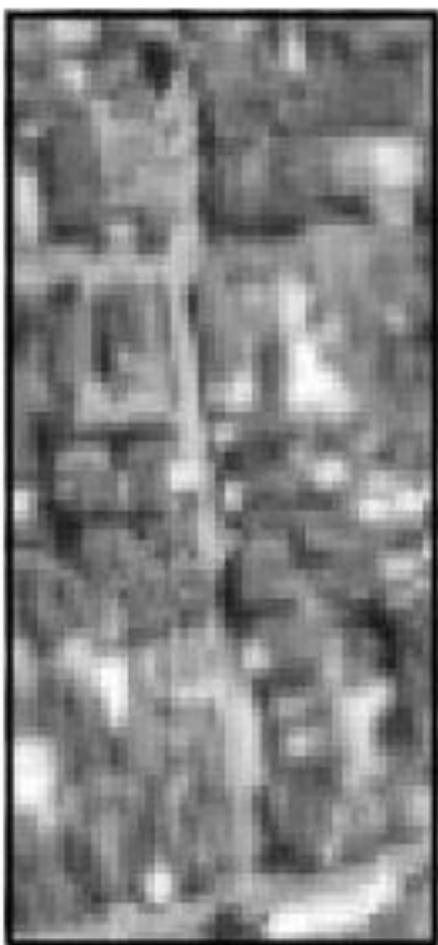
Cálculos BAF do Geótopo Casas de Baixo Padrão Construtivo (1962)



Situação Existente

| Tipo de Superfície | m² | % | Coeficiente de Permeabilização | BAF existente |
|---------------------|----------|-------|--------------------------------|---------------|
| Asfalto | 3.250,04 | 16,25 | 0 | |
| Area Verde | 7.351,82 | 36,7 | 1 | |
| Area Coberta | 8.879,37 | 44,4 | 0 | 0,36 |
| Telhado de Cerâmica | 523,66 | 2,6 | 0 | |
| | | | | |

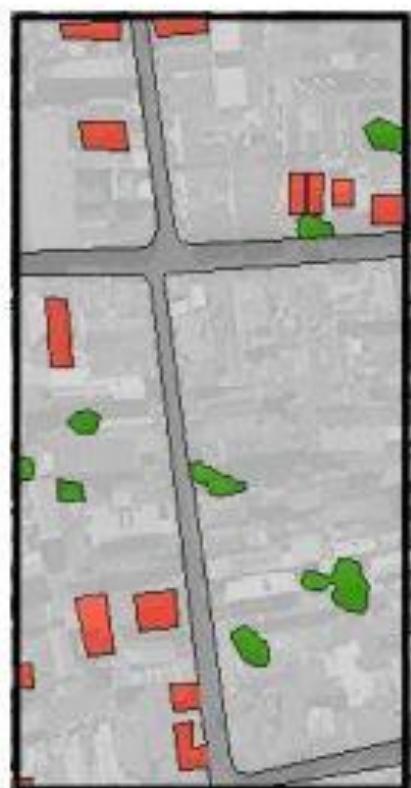
Cálculos BAF do Geótopo Casas de Baixo Padrão Construtivo (1994)



Situação Existente

| Tipo de Superfície | m² | % | Coeficiente de Permeabilização | BAF existente |
|---------------------|-----------|---------|--------------------------------|---------------|
| Asfalto | 2.224,61 | 11,1226 | 0 | |
| Área Verde | 5.337,56 | 26,68 | 1 | |
| Área Coberta | 12.454,85 | 62,27 | 0 | 0,26 |
| Telhado de Cerâmica | 699,50 | 3,49 | 0 | |
| | | | | |

Cálculos BAF do Geótopo Casas de Baixo Padrão Construtivo (2017)



Situação Existente

| Tipo de Superfície | m ² | % | Coeficiente de Permeabilização | BAF existente |
|---------------------|----------------|-------|--------------------------------|---------------|
| Asfalto | 1.785,65 | 8,92 | 0 | 0,02 |
| Área Verde | 466,22 | 2,49 | 1 | |
| Área Coberta | 16.894,6 | 84,47 | 0 | |
| Telhado de Cerâmica | 854,77 | 4,27 | 0 | |

Situação Pretendida

| Tipo de Superfície | m ² | % | Coeficiente de Permeabilização | BAF pretendido |
|---|----------------|-------|--------------------------------|----------------|
| Intertravado de Concreto | 1.785,65 | 8,92 | 0,3 | 0,45 |
| Área Verde | 466,22 | 2,49 | 1 | |
| Superfície semi Aberta | 16.894,6 | 84,47 | 0,5 | |
| Infiltração e/ou reuso da água no telhado | 854,77 | 4,27 | 0,2 | |

6.4 Análise temporal do coeficiente de permeabilidade para a Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga

A Bacia do Córrego Ipiranga foi uma das primeiras regiões a serem ocupadas no município de São Paulo, em 1960, já possuía uma ocupação bastante consolidada. Ao analisar as imagens aéreas e documentos históricos é possível estabelecer que o padrão de ocupação da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga foi mais intenso da foz à montante, bem como da planície fluvial às regiões de maior declividade da Bacia.

Atualmente, cerca de 80% da área da Bacia encontram-se impermeabilizados, com apenas 20% sendo remanescentes da Mata Atlântica. A intensa impermeabilização dos solos causa um grande impacto no ciclo hidrológico e na recarga hídrica da bacia, pode ocasionar uma maior ocorrência nos casos de inundações ou intensificar a magnitude dos eventos.

Em 1930, o geótopo com maior valor para o índice BAF era *Área 3: “Geótopo Construções de baixo padrão”*. A Área 3 possui uma ocupação um pouco mais recente, sobretudo quando comparada as Área 1 e 2. Em 2017, os índices BAF's possuem valores muito próximos, mas ainda assim é possível destacar a Área 2: *“Geotopo Construções de alto padrão”*, como local de maior valor para o índice BAF.

De modo geral, a Bacia Hidrográfica do Córrego do Ipiranga possui poucas áreas verdes e alta densidade de ocupação, com colinas suavizadas à jusante possui uma ocupação que em sua maioria é residencial de médio padrão, com construções residenciais de até 4 andares regularmente espaçados com infraestrutura atendida. Há também bairros de maior vulnerabilidade social, porém a bacia hidrográfica como um todo abrange bairros de classe média, com infraestrutura, uma ocupação bastante consolidada e oferta de serviços, comércios e áreas de lazer.

A análise do coeficiente de permeabilidade revela grande redução de permeabilidade da Bacia Hidrográfica do Ipiranga pela supressão de áreas verdes com o avanço do processo de urbanização, o que gera consequências não só na ocorrência de inundações como também na qualidade de vida das pessoas que residem nessa área. Com a redução de habitat para alguns animais, a redução da evapotranspiração, do albedo e prejuízos para o ciclo hidrológico, com isso a função

ecológica da área é mínima. Apesar de a Área 2: “Geotopo Construções de alto padrão” apresentar o maior valor para o índice BAF, ainda assim está abaixo daquilo considerado como sendo o valor desejável de (0,30), como é possível observar no gráfico 3.

Assim, o planejamento territorial da região deve visar o aumento da permeabilidade da área da bacia hidrográfica do Ipiranga de modo a reduzir a recorrência de inundações.

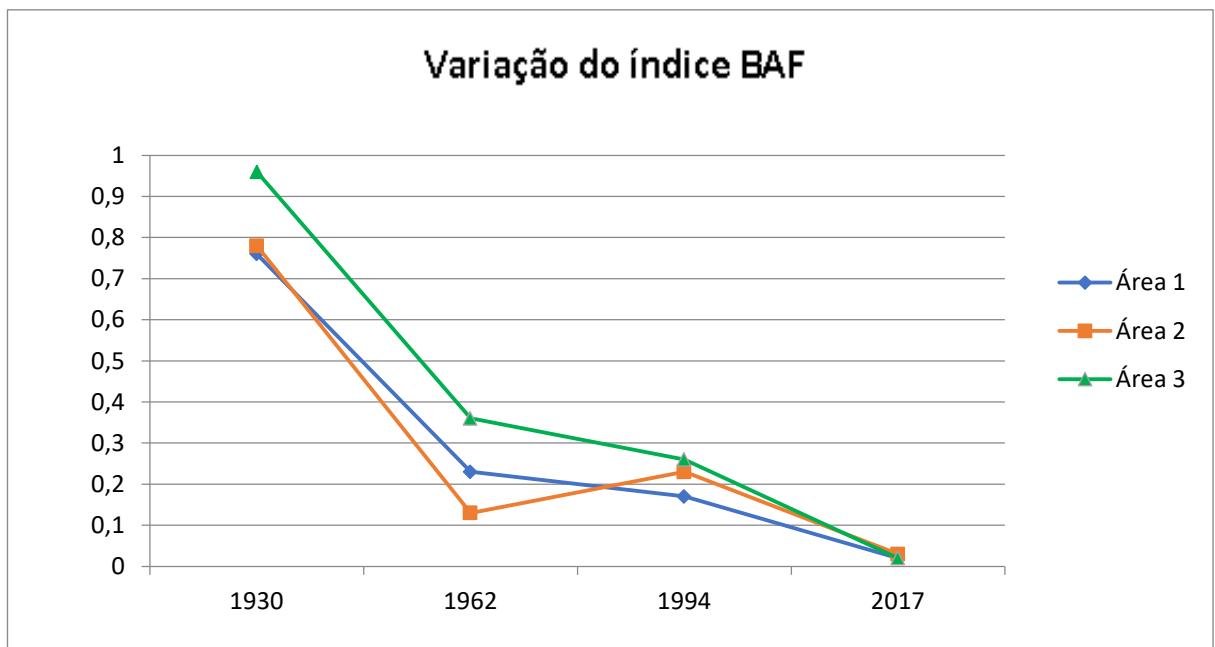


Gráfico 3: Variação do índice BAF para as três áreas analisadas entre 1930 e 2017 na Bacia Hidrográfica do Córrego do Ipiranga.

Ainda é importante assinalar que com a implementação de medidas previstas pelo método BAF (intertravado de concreto, superfície semi-aberta, reuso de água do telhado), as três áreas analisadas obedeceriam ao valor mínimo de BAF= 0,30, para áreas de construção consolidadas. Caso o BAF pretendido fosse implementado o aumento em porcentagem para as áreas analisadas seriam de 95,34% para Área 1, de 92,68% para a Área 2 e de 95,55% para a Área 3. Demonstrando, assim, na tabela abaixo, a eficiência da aplicação do BAF na relação do BAF atual para o BAF pretendido (**Tabela 6**).

Tabela 6 - Valores existentes e pretendidos para BAF

| 2017 | BAF existente | BAF pretendido | Porcentagem (%) |
|------|---------------|----------------|-----------------|
| A1 | 0,02 | 0,43 | 95,34 |
| A2 | 0,03 | 0,41 | 92,68 |
| A3 | 0,02 | 0,45 | 95,55 |

7. CONCLUSÕES

O objetivo central da pesquisa foi alcançado. O método Biótopo de Área se mostrou bastante eficiente para a identificação e quantificação de diferentes tipos de superfícies na análise do coeficiente de permeabilidade ao longo do período de 1930 a 2017. Além disso, o método é bastante exitoso em medidas propositivas para a melhoria na qualidade de vida urbana, servindo como poderosa ferramenta para o planejamento territorial.

As resoluções das fotos de 1962 e 1994 para o mapeamento dos geótopos, porém, foram o maior desafio imposto pela pesquisa, comprometendo a precisão e o reconhecimento de diferentes tipos de superfícies e a consequente análise dos resultados finais para essas duas datas (1962 e 1994). Em busca de melhorar a precisão das análises, fez-se um levantamento histórico a fim de utilizar outros elementos além das aerofotos para auxiliar na análise destas datas.

A seleção das três áreas amostrais foi bastante satisfatória em termos comparativos, possibilitando uma análise do desenvolvimento da urbanização na Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga no município de São Paulo, a partir de diferentes geótopos urbanos. Ademais, os geótopos se mostraram uma importante unidade de análise, sendo, inclusive, bastante indicada para planejamento territorial.

REFERÊNCIAS

- AB`SABER, A. N. Geomorfologia do sitio urbano de São Paulo. (Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras. Universidade de São Paulo). São Paulo. 1957, 219 p.
- ABREU, A. A. A teoria geomorfológica e sua edificação: análise crítica. Revista Brasileira de Geomorfologia, ano 4, nº 2, pp. 51 – 67, 2003.
- AMARAL, R. Análise integrada do ambiente urbano e as inundações recorrentes: caso da Bacia Hidrográfica do Córrego Ipiranga (São Paulo/SP). Tese de Doutorado. Departamento de Geografia, FFLCH, Universidade de São Paulo, 2020.
- AMARAL, R.; RIBEIRO, R.R. 2009. Inundação e Enchentes. In: L.K. Tominaga, J. Santoro, R. Amaral (Org.) Desastres Naturais: Conhecer para prevenir. São Paulo, Instituto Geológico, 1^a ed., p. 39-52.
- BLANES, L. A aplicação do indicador de sustentabilidade BAF no mapeamento de geótopos urbanos: um experimento para a bacia hidrográfica do córrego Água Espraiada-São Paulo-SP. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2011.
- BEDÊ, Lúcio Cadaval; WEBER, Markus; RESENDE, Saulo R. O.; PIPER, Werner & SCHULTE, Wolfgang. Manual para mapeamento de biótopos no Brasil – base para um planejamento ambiental eficiente. Belo Horizonte, Fundação Alexandre Brandt, 1997.
- BERTRAND, G- Paisagem e geografia física global: esboço metodológico, Caderno de Ciência da Terra nº 13, p. 1-7- Instituto de Geografia- USP, 1971.
- BERGER, B. Avaliação das tendências espaciais dos riscos das enxurradas e inundações: o caso do bairro da Mooca, São Paulo – SP. (Trabalho de Graduação Individual- DGFFLCH/USP), São Paulo, 2009, 107 p.
- CARNEIRO CDR & NEVES BBB (eds), Geologia do continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida, Editora Beca, São Paulo, pp. 383-405.
- CARVALHO, E. T. (2001). Geologia Urbana para todos – Uma visão de Belo Horizonte. Belo Horizonte, Edição do autor, 175p.
- CARVALHO, N. E.; BETTINE, S.C. Áreas ecologicamente estáveis como instrumento de planejamento ambiental. Anais do XVII Encontro de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Desenvolvimento, PUC: Campinas, 2012.
- CASTRO, A.L.C. 1998. Glossário de defesa civil, estudos de risco e medicina de desastres. Ministério do Planejamento e Orçamento, Brasília, 2^a ed., 283 p.
- CHORLEY, R. J. (1971) A geomorfologia e a teoria dos sistemas gerais. Notícia Geomorfológica, Campinas, 11 (21): p. 3 – 22.

CRISTOFOLETTI, A. 1980. Geomorfologia. São Paulo: Editora Blucher, 2^a edição, 200p.

COELHO NETTO, A. L. (1994) Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S.B. (Org.) Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 93-148.

COLLINS, T. 2004. Disaster risk for floods: 1980-2000. United Nation University, Tokyo. Disponível em <http://unu.edu/news/ehs/floods.doc>. Acessado em 15 dez. 2018.

COOKE, R.U.; DOORNKAMP, J. C. 1990. Drainage basins and sediment transf. In: r. u. Cooke, J. C. Doornkamp (Org.) Geomorphology in environmental management. A new introduction. New York, Clarendon Press, 2^a ed., 409 p.

GAIARSA, O. A cidade que dormiu três séculos, Santo André: 1968, 408p.

GOUDIE, A. (1990). The Human Impact on the Natural Environment. Oxford, Basil Blackwell Ltda., 388p

GUERRA, A.J.T. e MARÇAL, M.S. (2015). Geomorfologia Ambiental. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 7^a edição, 189p.

HADDAD, Eduardo A.; TEIXEIRA, Eliane. Economic impacts of natural disasters in megacities: The case of floods in São Paulo, Brazil. Habitat International, <http://dx.doi.org/10.1016/j.habitatint.2014.06.023>, article in press.

LANGENBUCH, J. R. A estruturação da Grande São Paulo. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1971.353p.

LEFEBVRE, H. O direito à cidade. São Paulo: Editora Centauro, 2001, 145p.

MELO, M.S.; COIMBRA, A.M.; RICCOMINI, C. 1989. Evolução dos conhecimentos sobre a geologia da Bacia de São Paulo na década de oitenta. In: Workshop de Geologia da Bacia de São Paulo. IGUSP/SBG, São Paulo, Publicação Especial, p.1-11.

MORAES, Antonio Carlos Robert. Geografia: Pequena História Crítica. 20. ed., São Paulo: Annablume, 2005.

PASSARELLI, S. H. Dialogo entre o trem e a cidade. Dissertação de Mestrado. São Paulo: FAU/USP, 1994.

PASSOS, M.M. de- Uma geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades, Georges e Claude Bertrand Messias Modesto do Passos (org) Maringá, Massoni, 2007.

PENTEADO, A. R. Os subúrbios de São Paulo e suas funções. In: AZEVEDO, A. acidade de São Paulo, São Paulo: São Paulo Editora, 1958. 5-60.

RICCOMINI, C. 1989. O rift Continental do Sudeste do Brasil. Tese de Doutoramento, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 256p.

RICCOMINI, Claudio; COIMBRA, Armando Márcio. Geologia da bacia sedimentar. In: Solos da Cidade de São Paulo [S.l.: s.n.], 1992. APA.

RICCOMINI, Claudio; COIMBRA, Armando Márcio; TAKIYA, H. Tectônica e sedimentação na bacia de São Paulo. Anais.. São Paulo: Abas/Abge/Sbg/Sp, 1992

RICCOMINI C, SANT'ANNA LG & FERRARI AL. 2004. Evolução geológica do rift continental do Sudeste do Brasil. In: MANTESSO NETO V, BARTORELLI A,

ROSS, J. L. S. Geomorfologia e Geografia Aplicadas à Gestão Territorial: Teoria e Metodologia para o Planejamento Ambiental. Tese de Livre Docência Apresentada à FFLCH-USP, São Paulo SP. 2001

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. Revista do Departamento de Geografia nº. 6. FFLCH-USP: São Paulo, 1992, p. 17-29.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia, Ambiente e Planejamento, Editora Contexto, São Paulo, 1990, 85p.

ROSS, J. & MOROZ, I. C. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo: Escala 1:500.000. Mapas e Relatório. São Paulo: Lab. de Geomorfologia Depto. Geografia – FFLCH-USP/ Lab. de Cartografia Geotécnica – Geologia Aplicada – IPT/ FAPESP, Volume I, 1997. 64 p.

ROUGERIE, G. & BEROUTCHACHVILLI, N. (1991). *Geosysteme et paysages: bilan et méthodes*. Paris, Armand Colin, 302p.

SANTOS, A. P.; AMARAL, R. Levantamento histórico de dados de inundação no Córrego Ipiranga – São Paulo/SP. 7º Seminário de Iniciação Científica PIBIC-IG – São Paulo/ SP, 2017.

SIMONI, C. S. A fronteira urbana: urbanização, industrialização e mercado imobiliário no Brasil. Editora : Annablume, São Paulo, 2015.

SOCTCHAWA, V. B. Por uma teoria de classificação de geossistemas de vida terrestre. Revista IG-USP, Caderno Biogeografia, n º 14, São Paulo, IG-USP, 1978.

SCHUMM, S.A (1956)., (Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy), Geol.Soc.America Bulleting, 67, pp.597-646.

SUGUIO, K.; FULFARO, V.J.; COUTINHO, J.M.V. – 1971 – Tipos de contatos e estruturas sedimentares associadas da Bacia de São Paulo. In: CONGR.BRAS.GEOL. 1971. Anais..., São Paulo, SBG, v.2, p. 215-218.

TARIFA, José Roberto. Os climas na cidade de São Paulo: teoria e prática. São Paulo: FFLCH/ USP, 2001. 199 p.

TARIFA & ARMANI. Unidades Climáticas Urbanas. Atlas Ambiental do município de São Paulo. São Paulo, 2001. Disponível em: <http://atlasambiental.prefeitura.sp.gov.br/mapas/106.jpg> acesso em 05/03/2017. <http://www.cemaden.gov.br/mapainterativo/#> acesso 03/08/2017.

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.

TRICART, J. Ecodinâmica. FIBGE/Supren, Rio de Janeiro, 1977, 97 p.

TRICART, J. Os tipos de leitos fluviais. In Notícia Geomorfológica, 6 (11), Campinas, 1966, p. 41-49 359

TROLL, C. A paisagem geográfica e sua investigação. Espaço e Cultura, nº 4, junho, 1997.

VENTURI, L. A. B. Unidades de Paisagem como recurso metodológico aplicado naa geografia física. In: VII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 7, Curitiba (PR.), Brasil, CD-ROM.