

A CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA PRÉ-URBANA E ANTROPOGÊNICA DA PLANÍCIE DO RIO PINHEIROS, SÃO PAULO (SP)

Rodolfo Alves da LUZ

RESUMO

O artigo apresenta uma análise comparativa baseada em mapas das geomorfologias antropogênica e pré-urbana da planície fluvial do rio Pinheiros na cidade de São Paulo. O entendimento das condições pré-urbanas e antrópicas do sistema fluvial foi realizado por meio da abordagem histórica e da cartografia geomorfológica, que permite a análise retrospectiva e evolutiva do sistema ao longo da urbanização. A análise cartográfica foi realizada a partir da produção de cartas geomorfológicas na escala de 1:25.000, elaboradas majoritariamente por meio da restituição estereoscópica de aerofotografias da década de 1930 e levantamentos de campo, com auxílio de bases cartográficas antigas e atuais. Os mapas revelaram tanto a evolução geológica e geomorfológica quanto as modificações antrópicas, bem como a magnitude e as consequências da urbanização no sistema. As mudanças geomorfológicas decorrentes da urbanização foram classificadas como instantâneas (10^0 a 10^2 anos), comparáveis somente a eventos naturais extremos e de alta magnitude ou a eventos milenares (10^3 a 10^4 anos). Além disso, a urbanização da planície fluvial do Rio Pinheiros resultou em um sistema hidromorfológico com praticamente nenhum remanescente da planície de inundação original que possa ser utilizado como terreno para retardar ou deter as inundações de pico. O caso do Pinheiros mostra como intervenções urbanísticas pontuais e baseadas na implantação de medidas estruturais de engenharia, muitas vezes não consideram a resposta complexa que os fenômenos geomorfológicos podem apresentar quando limiares são rompidos.

Palavras-chaves: Geomorfologia Urbana; Antropoceno; Geomorfologia Fluvial.

ABSTRACT

THE PRE-URBAN AND ANTHROPOGENIC GEOMORPHOLOGICAL CARTOGRAPHY OF THE PINHEIROS RIVER PLAIN, SÃO PAULO (SP). This paper presents a comparative analysis based on maps of the anthropogenic and pre-urban geomorphology of the Pinheiros River fluvial plain in the São Paulo city. The pre-urban and anthropogenic conditions of the river system were mapped through a historical approach and geomorphological cartography, which allows for a retrospective and evolutionary analysis of the system throughout urbanization. The cartographic analysis was carried out based on the production of geomorphological maps at a scale of 1:25,000, elaborated mainly through stereoscopic restitution of aerial photographs from the 1930s and field surveys, with the aid of ancient and current cartographic bases. The maps revealed both the geological and geomorphological evolution and the anthropogenic modifications, as well as the magnitude and consequences of urbanization in the system. The urban geomorphological changes were classified as instantaneous (10^0 to 10^2 years), comparable only to extreme and high-magnitude natural events or millennial events (10^3 to 10^4 years). Furthermore, the urbanization of the Pinheiros River fluvial plain has resulted in a hydromorphological system with virtually no original floodplain remnants that could be utilized to control peak floods. The Pinheiros River case study demonstrates how urban interventions based

solely on the structural engineering often fail to consider the complex response that geomorphological processes can exhibit when thresholds are disrupted.

Keywords: Urban Geomorphology; Anthropocene; Fluvial Geomorphology.

RESUMEN

LA CARTOGRAFÍA GEOMORFOLÓGICA PREURBANA Y ANTROPOGÉNICA DE LA LLANURA DEL RÍO PINHEIROS, SÃO PAULO (SP). Este trabajo presenta un análisis comparativo basado en mapas de las geomorfologías antropogénica y preurbana de la llanura fluvial del río Pinheiros, en la ciudad de São Paulo. Las condiciones pre-urbanas y antropogénicas del sistema fluvial fueron mapeadas mediante un enfoque histórico y de cartografía geomorfológica, lo que permite un análisis retrospectivo y evolutivo del sistema a lo largo de la urbanización. El análisis cartográfico se realizó a partir de la producción de mapas geomorfológicos a escala 1:25.000, elaborados principalmente a partir de la restitución estereoscópica de aerofotografías de los años 30 y levantamientos de campo, con el auxilio de bases cartográficas antiguas y actuales. Los mapas revelaron tanto la evolución geológica y geomorfológica como los cambios antropogénicos, así como la magnitud y las consecuencias de la urbanización en el sistema. Los cambios geomorfológicos derivados de la urbanización se clasificaron como instantáneos (10^0 a 10^2 años), sólo comparables a eventos naturales extremos y de gran magnitud o a eventos milenarios (10^3 a 10^4 años). Además, la urbanización de la llanura fluvial del río Pinheiros ha dado lugar a un sistema hidromorfológico prácticamente sin remanentes originales de llanura de inundación que puedan utilizarse para controlar las crecidas máximas. El estudio de caso del río Pinheiros demuestra cómo las intervenciones urbanas basadas únicamente en la ingeniería estructural a menudo no tienen en cuenta la compleja respuesta que pueden mostrar los procesos geomorfológicos cuando se rompen los umbrales.

Palabras clave: Geomorfología urbana; Antropoceno; Geomorfología fluvial.

1 INTRODUÇÃO

Dentre os sistemas geomorfológicos, os sistemas fluviais são aqueles que apresentam maior sensibilidade aos *inputs* de curta duração (TRICART 1977) como, por exemplo, aos efeitos das ações antrópicas. Portanto, análises sobre planícies fluviais podem revelar os impactos das ações mais recentes sobre o sistema como um todo, devido às respostas morfológicas mais imediatas a estes impactos.

O processo de urbanização da cidade de São Paulo, assim como o de toda região metropolitana, resultou em uma ocupação de alto impacto no meio físico, particularmente nas planícies fluviais e bacias hidrográficas, que foram significativamente modificadas, fazendo com que AB'SABER (1978) afirme que o rio Pinheiros é o rio mais transformado na cidade de São Paulo e talvez de todo o mundo tropical. Originalmente, a planície fluvial do Rio Pinheiros continha morfologias representativas da dinâmica hídrica e sedimentar associada aos siste-

mas fluviais meândricos de regiões de clima tropical úmido. Em linhas gerais, este sistema apresentava canais meândricos com carga sedimentar predominantemente fina (silte e argila) e suspensa, e morfologias fluviais típicas de sistemas fluviais meândricos, como os diques marginais, bacias de inundação (*backswamps*), meandros abandonados com seus diversos graus de colmatagem, terraços fluviais e barras laterais (RODRIGUES 2004). Tais feições foram parcialmente identificadas pelos mapeamentos de AB'SABER (1958), RODRIGUES (2006), PAROLIN (2009) e LUZ (2010).

Essas morfologias encontram-se hoje totalmente descaracterizadas pelas inúmeras e sobrepostas interferências urbanas diretas e indiretas ocorridas na área. Portanto, a elaboração de produtos gráficos e cartográficos que promovam o detalhamento da atual Geomorfologia Antropogênica da planície permite a análise dos efeitos da urbanização em seus processos hidromorfológicos. O objetivo deste artigo é demonstrar por meio de ma-

pas tanto a geomorfologia antropogênica quanto a geomorfologia pré-urbana da planície fluvial do rio Pinheiros, que se inicia na confluência dos rios Guarapiranga e Grande/Jurubatuba e termina na confluência com o rio Tietê (Figura 1).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os mapas aqui apresentados são frutos da tese de doutorado do autor e, tendo em vista as características próprias da área de estudo, foram orientados pelas proposições metodológicas de RODRIGUES (1999, 2004 e 2010) e MOROZ-CACCIA GOUVEIA (2010). Nestes estudos cons-

tam as bases para análises voltadas ao entendimento das condições pré-urbanas e antrópicas dos sistemas hidromorfológicos da Região Metropolitana de São Paulo, por meio da abordagem histórica e da cartografia geomorfológica, que permite a análise retrospectiva e evolutiva do sistema ao longo da urbanização.

A análise cartográfica foi realizada a partir da produção de cartas geomorfológicas de detalhe da área, produzidas na escala de 1:25.000. O reconhecimento geral da morfologia fluvial da área é baseado em legendas apresentadas por SAVIGEAR (1965), TRICART (1965), DEMEK (1972), DACKOMBE & GARDINER (1983), HART (1986) e COUTARD *et al.* (2020). Referências a

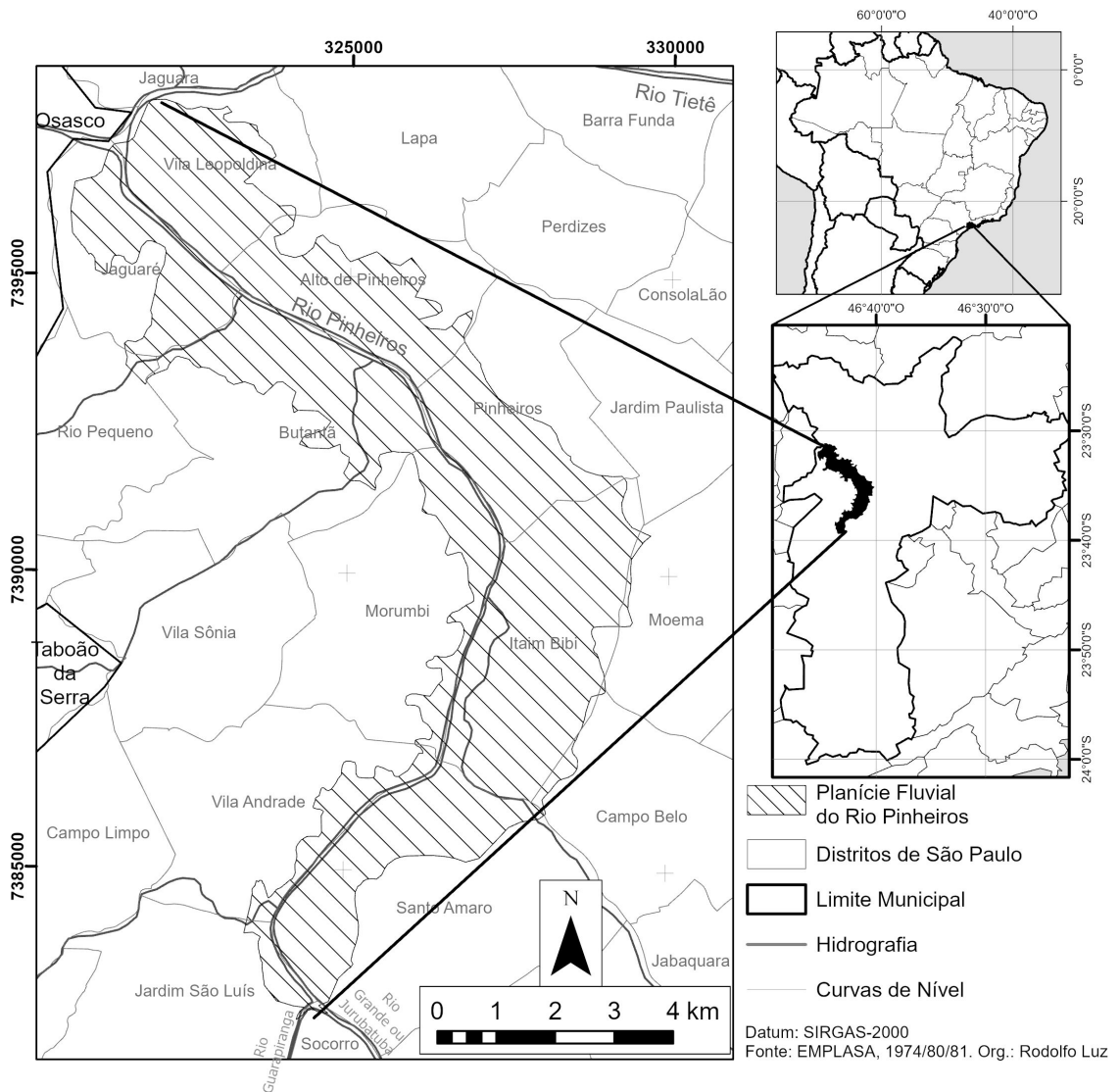


FIGURA 1 – Localização da área de estudo: Planície fluvial do Rio Pinheiros.

FIGURE 1 – Location of the study area: Pinheiros River floodplain.

respeito da morfologia fluvial pré-urbana específica da região foram encontradas em ESTAIANO (2007), SANTANA (2008) e LUZ (2010), enquanto referências a respeito da morfologia antrópica em LIMA (1990), BATISTA (2002), CARVALHO (2002), SILVA (2005), MOROZCACCIA GOUVEIA (2010), BERGES (2013) e CLARO (2013).

Quanto à escolha dos momentos históricos, são apresentados aqui o estágio pré-perturbação urbana, chamado apenas de estágio pré-urbano, e o estágio pós-perturbação¹, conforme WOLMAN (1967), NIR (1983), DOUGLAS (1983), TOY & HADLEY (1987). O estágio pré-urbano foi mapeado majoritariamente por meio da restituição estereoscópica de aerofotografias de 1933 e 1938 e com auxílio de base cartográfica de 1930 (SARA BRASIL S/A. 1930). Também foram consultadas outras pesquisas que trataram dos aspectos geomorfológicos da planície fluvial do Rio Pinheiros, como AB'SABER (1953, 1958), ALMEIDA (1958, 1964) e PETRONE (1963), que tratam da área numa escala menor e, PAROLIN (2009) e LUZ (2010) que tratam em detalhe de trechos da planície.

A metodologia utilizada nos levantamentos do SARA BRASIL (1930) não considera a curvatura da Terra e não emprega projeção cartográfica, o que pode gerar erros de localização e altitude (LIMA 2013), mas que, na escala aqui utilizada,

não comprometem o mapeamento. Desta maneira, optou-se pelo georreferenciamento das aerofotos e das cartas do Sara Brasil por meio de pontos notáveis que podem ser identificados tanto nos documentos históricos quanto na base cartográfica atual (MACHADO 2010), como hidrografia e, principalmente, sistema viário quando permanente de um estágio ao outro.

A reconstituição do estágio pós-perturbação representa o estágio de intervenção mais recente, e compreendeu levantamentos de campo para verificação *in loco* das morfologias atuais. Importante destacar que o estágio pós-perturbação pode coexistir pontualmente com o estágio de perturbação ativa, uma vez que, mesmo com a urbanização já consolidada em toda a planície fluvial, alterações no uso da terra podem imprimir novos condicionantes geomorfológicos na área, como, por exemplo, a retirada de residências para a construção de grandes prédios comerciais, condomínios, shopping-centers etc. Para o mapeamento deste estágio foram utilizadas bases cartográficas de 1974, 1980 e 1981, Modelo Digital de Elevação (MDE) de 2004, cartas de uso e ocupação da terra de 2005 com auxílio secundário de Imagens de Satélite de 2012 disponibilizadas pelo software Google Earth 7, e verificações de campo entre 2011 e 2012. As aerofotos e bases cartográficas utilizadas em cada período são apresentadas no quadro 1.

QUADRO 1 – Aerofotos e bases cartográficas utilizadas na pesquisa.

BOX 1 – Aerial photographs and cartographic bases used in the research.

| Estágio de perturbação | Aerofotos | | | | Base Cartográfica | | |
|------------------------|--|---------|--------------|-------------------------|-------------------|--------------------|----------------------------------|
| | Ano | Escala | Levantamento | Fonte /Disponibilização | Ano | Escala | Fonte / Disponibilização |
| Pré-Urbano | 1933 | 1:5.000 | Serviço 62 | Light S.A / FES* | 1930 | 1:5.000 e 1:20.000 | SARA BRASIL S.A. / LASERE-USP* |
| | 1938 | 1:5.000 | Serviço 58 | | | | |
| Pós-Perturbação | Levantamento realizado por trabalhos de campo e pela análise topográfica do MDE / PMSP* (auxílio secundário de Imagens de Satélite de 2012 disponibilizadas pelo software Google Earth 7). | | | | 1974/80/81 | 1:25.000 | SCM* / Mapoteca da FFLCH-USP* |
| | | | | | 2004 | 1:1.000 | MDE / PMSP* |
| | | | | | 2005 | 1:25.000 | Uso e Ocupação do Solo / EMLASA* |

*Abreviações:

FES – Fundação Energia e Saneamento.

LASERE-USP – Laboratório de Aerofotografia e Sensoriamento Remoto do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo.

SCM – Sistema Cartográfico Metropolitano.

FFLCH-USP – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.

EMLASA – Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S/A.

MDE / PMSP – Modelo Digital de Elevação fornecido pela Prefeitura Municipal de São Paulo.

¹ Na tese do autor (LUZ 2010) também é apresentado o estágio de perturbação ativa, com base em aerofotografias de 1949, momento representativo das intervenções da Light que resultaram na retificação, alargamento, aprofundamento do canal e consequente ocupação da planície de inundação.)

A área de estudo não apresentou mudanças significativas em seu uso e ocupação da terra e nem em suas características geomorfológicas após o ano de 2012, conferindo à urbanização local uma relativa estabilidade. LUZ (2014), utilizando de metodologia proposta por DOUGLAS (1983) classificou a planície fluvial urbana do Rio Pinheiros nos estágios de recuperação e regeneração urbana, ou seja, estágios posteriores aos momentos de grandes intervenções.

O grau de perturbação antrópica foi baseado nos tipos de usos urbanos identificados, conforme quadro 2, e as análises das dimensões das mudanças nos sistemas geomorfológicos mapeados foi realizada por meio da definição de geoindicadores de mudanças ambientais em meio tropical úmido e em sistemas hidromorfológicos urbanizados (COLTRINARI & MCCALL 1995, BERGER 1996, COLTRINARI 1996, GUPTA 2002, RODRIGUES & COLTRINARI 2004, RODRIGUES 2010).

QUADRO 2 – Uso da terra em 2012 e respectivos graus de perturbação.

BOX 2 – Land use in 2012 and corresponding degrees of disturbance.

| <i>Categoria de uso</i> | <i>Grau de perturbação</i> |
|--|----------------------------|
| Campo antrópico | Muito baixo |
| Parques urbanos | |
| Equipamento urbano em terreno permeável | Baixo |
| Sistema viário | |
| Equipamento urbano em terreno impermeável | Médio |
| Residencial térreo | |
| Residencial verticalizado | Alto |
| Armazéns e galpões industriais ou comerciais | |
| Urbanização precária (favelas) | |
| Comercial altamente verticalizado | Muito alto |

Os levantamentos geológicos do Metrô de São Paulo e as observações e compilações de trabalhos anteriores de LUZ (2010) e LUZ & RODRIGUES (2013) permitiram o detalhamento das características e propriedades do embasamento rochoso, dos sedimentos fluviais e dos depósitos tecnogênicos da planície fluvial do Rio Pinheiros. Outras

pesquisas também subsidiaram a caracterização geológica e sedimentológica da planície, a saber: JUNQUEIRA (1969), BIGARELLA (1971), SUGUIO (1971), ABGE & SBG (1980), COIMBRA *et al.* (1983), MELO & PONÇANO (1983), ALMEIDA *et al.* (1984), MELO *et al.* (1985), MELO *et al.* (1989), ABAS *et al.* (1992), VARGAS (2002), RICCOMINI *et al.* (2004), SUGUIO *et al.* (2010), e, a respeito dos depósitos tecnogênicos, PELOGGIA (1997), TAKIYA (1997), CAMPAGNOLI (2002) e RODRIGUES (2006). Além destes, foram também utilizados os mapeamentos geológicos de IPT (1981), EMPLASA (1984) e SÃO PAULO (2002).

Durante a produção de qualquer mapa temático é importante apresentar também o contexto geomorfológico das áreas do entorno dos terrenos mapeados, no caso aqui relatado foi utilizado o mapa geomorfológico da cidade de São Paulo de AB'SABER (1958), permitindo ao leitor entender os sistemas geomorfológicos do entorno da planície. A montante da planície fluvial do Rio Pinheiros ainda há pequenos trechos de planícies dos seus rios formadores, o Guarapiranga e o Grande (ou Jurubatuba), mas que são logo “afogadas” pelas represas de Guarapiranga e Billings.

3 GEOMORFOLOGIA PRÉ-URBANA DA PLANÍCIE FLUVIAL DO RIO PINHEIROS

A Carta da Geomorfologia Pré-Urbana da Planície Fluvial do Rio Pinheiros é apresentada no Apêndice (Carta 1), e retrata o sistema hidromorfológico meândrico original do Rio Pinheiros, antes da urbanização.

3.1 Subsistemas geomorfológicos: o canal Pré-Urbano

A carta apresenta a localização do antigo canal do Rio Pinheiros e de vários meandros abandonados por *cutoff* ou avulsão, permitindo o cálculo de alguns parâmetros morfométricos do antigo canal. O rio Pinheiros antes da urbanização possuía 37,2 km de comprimento, 29,88 m de largura média e 1,88 de sinuosidade.

A profundidade do canal pré-urbano pode ser reconstituída por meio das observações hidrológicas de BRITO (1926), realizadas 20 m a montante da antiga Ponte do Butantã, próxima à atual Ponte Bernardo Goldfarb (Tabela 1). Apesar de escassas, estas 7 medidas são as únicas informações encontradas para o canal pré-urbano

TABELA 1 – Medições de vazão realizadas no rio Pinheiros entre 1924 e 1925 pela Comissão de Melhoramentos do Rio Tietê (BRITO 1926).

TABLE 1 – Flow measurements conducted on the Pinheiros River between 1924 and 1925 by the Tietê River Improvement Commission (BRITO 1926).

| <i>Data</i> | <i>Altura medida (m)</i> | <i>Profundidade (W) (m)</i> | <i>Cota (m)</i> | <i>Vazão (Q) (m³/s)</i> |
|-------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------|------------------------------------|
| 05/04/24 | 0,77 | (2,15) | (715,85) | 10,9 |
| 11/04/24 | 0,93 | (2,31) | (716,01) | 15,0 |
| 16/04/24 | 0,98 | (2,36) | (716,06) | 16,4 |
| 29/04/24 | 1,23 | (2,61) | (716,31) | 23,9 |
| 31/12/24 | 1,41 | (2,79) | (716,49) | 23,3 |
| 03/01/25 | 1,75 | (3,13) | (716,83) | 33,0 |
| 10/07/25 | 0,51 | (1,89) | (715,59) | 4,8 |
| Média | 1,08 | 2,46 | 716,16 | 18,18 |

que indicam a sua profundidade. A vazão de margens plenas do canal pré-urbano foi estimada em 159 m³/s por LUZ (2014).

3.2 Subsistemas geomorfológicos: a planície de inundação pré-urbana

A planície de inundação original e suas feições mais típicas, tais como *backswamps*, diques e cordões marginais, juntamente com os meandros abandonados, representam os antigos terrenos afetados pelas cheias sazonais, compreendendo uma área de 17,69 km². LUZ (2014) estimou que a lâmina de água em um evento de cheia na planície de inundação seria de 3,5 m de altura e, conseqüentemente, o volume de água estocado na planície de inundação durante este evento seria de 30,96 x 10⁶ m³.

A planície de inundação possui em média 1.000 m de largura, atingindo o máximo de 2.500 m na região da Cidade Universitária e Parque Villa-Lobos. O setor mais estreito é entre os bairros de Pinheiros e Butantã, onde a largura da planície de inundação é reduzida para cerca de 200 m devido ao controle estrutural da zona de falhas vinculada ao falhamento de Caucaia. A menor taxa de subsidência do bloco tectônico ao norte destas falhas (Bloco Cotia) resulta em afloramentos rochosos dentro da planície de inundação (Figura 2) e é a causa provável de seu estrangulamento pelos terraços fluviais

adjacentes (LUZ 2010, LUZ & RODRIGUES 2013).



FIGURA 2 – Afloramento rochoso na planície de inundação. Av. Alvarenga, nº1972. Fonte: LUZ (2010).

FIGURE 2 – Rock outcrop in the floodplain. Av. Alvarenga, nº 1972. Source: LUZ (2010).

3.3 Subsistemas geomorfológicos: os terraços pré-urbanos

Dois terraços fluviais foram identificados, denominados Terraço Nível 1 (superior) e Terraço Nível 2 (inferior). Eles são amplos e contínuos na margem direita, revelando a história do entalhamento do Rio Pinheiros em direção aos terrenos cristalinos. O mesmo ocorre na planície do rio Tietê e, segundo AB'SABER (1953), estes níveis de terraços bem demarcados no ângulo

interno dos vales do Tietê-Pinheiros são resultado de sucessivas paradas e retomadas de erosão em direção aos terrenos cristalinos que teriam ocorrido após o Plioceno.

Os terraços de nível 1 compreendem uma área de 9,87 km² entre 7 a 12 m de altura acima da planície de inundação, que resulta numa superfície em média 9,5 m acima do nível da planície. No geral, seus rebordos são bem definidos e caracterizam rupturas de declive de fácil identificação com os compartimentos inferiores (Figura 3). O limite superior destes terraços fluviais ocorre majoritariamente com o que AB'SABER (1958, p.124) denomina “colinas tabulares do nível intermediário principal”, que se configuram como “largas colinas e patamares de colinas... .. dissecadas” sobre o embasamento litológico local (no caso, sedimentos terciários das formações São Paulo e Resende).

De acordo com o autor, estes níveis seriam antigos terraços fluviais que tiveram seus testemunhos sedimentares removidos pelos ciclos de erosão do rio Pinheiros, sendo considerados no mapa de sua autoria como ‘Terraços do nível intermediário’ (AB'SABER 1958). Porém, por não estarem mais submetidos a processos sedimentares fluviais e por não terem mais testemunhos sedimentares quaternários, estes compartimentos não foram considerados como um sistema fluvial típico, pertencente à planície fluvial do Rio Pinheiros atual. Em outras palavras, são terrenos que estão submetidos a processos típicos de vertente como erosão laminar,

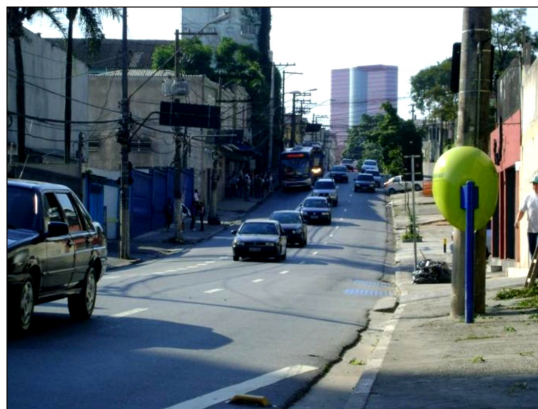


FIGURA 3 – Ruptura de declive do terraço nível 1. Av. Cardeal Arco Verde x Av. Rebouças. Fonte: LUZ (2010).

FIGURE 3 – Slope rupture of terrace level 1. Av. Cardeal Arco Verde x Av. Rebouças. Source: LUZ (2010).

dissecação e pedogênese, e não a processos fluviais típicos como inundações e sedimentação.

Os terraços de nível 2 abrangem 7,56 km² da planície fluvial, estão em média 3,5 m acima da planície de inundação, podendo atingir até 7 m de altura e, no geral, possuem rebordos pouco definidos, geralmente em forma de mudanças de declive suaves e em rampas. Este compartimento foi denominado por AB'SABER (1957) como “planície de inundação sujeita apenas às grandes cheias”, mas o próprio autor já destaca a sua “aparência de rasos terraços desprovidos de quaisquer ‘taludes’”. Tendo em vista a dinâmica de cheias do sistema, foi decidido classificar este nível como terraço, e não como um nível mais alto da planície de inundação, uma vez que este seria o compartimento que não é atingido pelas cheias periódicas do sistema, mas somente pelas cheias ocasionais. LUZ (2014) estimou que um evento deste porte teria capacidade de estocar 90,03 x 10⁶ m³ de água.

4 GEOMORFOLOGIA ANTROPOGÊNICA DA PLANÍCIE FLUVIAL DO RIO PINHEIROS

O estágio pós-perturbação da área é apresentado na Carta da Geomorfologia Antrópica da Planície Fluvial do rio Pinheiros em 2012 (Apêndice - Carta 2), revelando um sistema hidromorfológico completamente modificado pela urbanização em seus diversos graus de perturbação, onde os canais meândricos e a planície de inundação foram extintos.

4.1 Subsistemas geomorfológicos: os canais antropogênicos

As águas do Canal Pinheiros são completamente controladas por estruturas de engenharia, o que as torna muito lentas, praticamente paradas, fazendo com que o atual canal apresente um regime de fluxo similar ao lacustre. O canal possui largura entre 80 e 90 m, profundidade média de 4,5 m e declividade teórica nula, sendo dividido em dois trechos (EMAE 2009) (Figura 4):

- Canal Pinheiros Inferior (CPI): Trecho ju- sante, entre a estrutura do retiro e a Usina da Trai- ção, com aproximadamente 10 km de extensão e nível d'água médio de 716 m.
- Canal Pinheiros Superior (CPS): Trecho montante, entre a Usina da Traição e a Represa

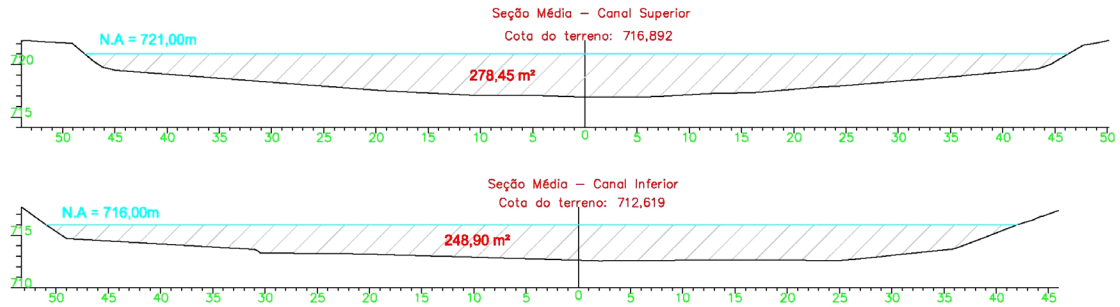


FIGURA 4 – Seções transversais médias do Canal Pinheiros Superior e Inferior. Fonte: Dados fornecidos pela EMAE (LUZ 2014).

FIGURE 4 – Average cross-sections of the Upper and Lower Pinheiros Channel. Source: Data provided by EMAE (LUZ 2014).

Billings, com aproximadamente 15 km de extensão e nível d'água médio de 721 m.

4.2 Subsistemas geomorfológicos: os terraços antropogênicos

As transformações e ocupação de praticamente toda a planície de inundação resultaram na sua supressão quase que completa, a transformando em um novo nível de terraço de origem antrópica criado tanto pela ação antrópica direta (urbanização e ocupação), quanto pela ação indireta no sistema hidromorfológico (retificação, alargamento, aprofundamento e controles de vazão do canal).

Este novo nível de terraço está posicionado abaixo dos terraços de nível 2, mas, muitas vezes, as evidências de separação entre estes dois níveis foram diluídas, sendo de difícil identificação (AB'SABER 1957). Este novo nível de terraço totalmente antrópico está cerca de 2 m acima do nível d'água médio do Canal Pinheiros e compreendia em 2012 uma área de 14,69 km², sendo que 0,13 km² correspondem a terraplanagens e cortes de talude em terrenos limítrofes realizados majoritariamente para a implantação das vias marginais.

Assim, com as intervenções antrópicas e o surgimento deste nível de terraço mais baixo, modifica-se a compartimentação topográfica da planície, fazendo com que um novo nível de terraço surgisse, o terraço 3, totalmente antrópico.

O Terraço Nível 2 aumentou sua abrangência para 9,64 km² (27,52% de aumento com relação ao nível pré-urbano), sendo 2,33

km² referente a aterros e 0,21 km² referente a terraplanagens e cortes de talude. Os aterros mais expressivos neste nível são na região das avenidas Luiz Carlos Berrini e Chucri Zaidan e nas proximidades da Ponte da Cidade Jardim.

O Terraço Nível 3 também aumentou a sua representatividade, atingindo 11,84 km² de área (19,90% de aumento com relação ao nível pré-urbano), sendo 1,54 km² contribuições de aterros e 0,44 km² de terraplanagem e cortes de talude. Além dos espessos aterros que sustentam as pontes e ferrovias, há outros dois expressivos depósitos na área, o primeiro no Parque Villa Lobos (Figura 5) e o segundo no Parque do Povo (Figura 6).



FIGURA 5 – Aterro do Parque Villa-Lobos. Obs.: A rua representa a altura da antiga planície de inundação. Fonte: RODRIGUES (2006). Foto: Eduardo Justiniano.

FIGURE 5 – Landfill of Villa-Lobos Park. Note: The street represents the height of the former floodplain. Source: RODRIGUES (2006). Photo: Eduardo Justiniano.



FIGURA 6 – Aterro do Parque do Povo. Fonte: Google Street View, 2014, imagem de nov. 2013.

FIGURE 6 – Landfill of Parque do Povo. Source: Google Street View, 2014, image from Nov. 2013.

5 DIMENSÃO DAS MUDANÇAS NA GEOMORFOLOGIA DA PLANÍCIE FLUVIAL DO RIO PINHEIROS REVELADAS PELAS CARTAS

Somente a cartografia permite dimensionar as mudanças nos sistemas geomorfológicos em termos de área e volume (magnitude), além de também ser essencial para a análise das mudanças em termos temporais (frequência). Quando inserido dentro da pesquisa geomorfológica clássica, o mapa geomorfológico não se configura apenas como uma tradução gráfica de uma análise geomorfológica, mas sim como a base desta análise, onde são compreendidas as relações espaciais por meio dos compartimentos geográficos identificados.

Os mapas aqui apresentados revelam os significativos efeitos da ação antrópica relacionada à urbanização nos terrenos de origem fluvial, assim como a elevada magnitude das mudanças na hidro-

dinâmica dos sistemas fluviais, que podem ser visualizadas na figura 7.

Em apenas 21 anos um canal retilíneo substituiu o antigo canal meândrico, o comprimento foi reduzido quase pela metade, a profundidade média foi aumentada para um pouco mais da metade e a largura foi aumentada em quase duas vezes. Um canal fluvial que antes transportava sedimentos finos e matéria orgânica num fluxo de água constante para jusante foi substituído por um canal artificial com fluxo controlado por estruturas de engenharia, que se comporta como uma série de lagos com vazão insignificante que é, por vezes, revertida para montante. Atualmente, a maior parte dos sedimentos e matéria orgânica que chegam ao Canal Pinheiros, incluindo os poluentes, são depositados e acumulados em seu leito.

Durante cerca de 80 anos de urbanização, as intervenções antrópicas diretas foram responsáveis pela completa remoção do sistema hidromorfológico meândrico original. Os terrenos úmidos da antiga planície de inundação foram drenados, o que permitiu a sua urbanização. Com a eliminação da planície de inundação, seu antigo nível topográfico tornou-se um nível de terraço baixo por causa do aprofundamento do canal e das modificações na dinâmica de cheias do canal, agora controlada artificialmente. A disposição de aterros sobre a antiga planície de inundação criou novos níveis de terraços que se relacionam topograficamente aos níveis pré-existentes. Escavações e terraplanagens nas vertentes adjacentes também aumentaram as áreas dos níveis terraceados da planície fluvial.

Portanto, em décadas ocorreram transformações na geomorfologia da área comparáveis em magnitude a eventos naturais extremos e instantâneos ou a eventos milenares de curto e médio prazo (Quadro 3).

QUADRO 3 – Mudanças hidromorfológicas na Planície Fluvial do Rio Pinheiros ocorridas durante o processo de urbanização.

BOX 3 – Hydromorphological changes in the Pinheiros River floodplain occurring during the urbanization process.

| <i>Morfologia</i> | <i>Materiais</i> | <i>Processos</i> |
|---|--|--|
| Formação de terraços | Incremento de material de origem não fluvial de composição complexa (aterros) | Redução da infiltração |
| Supressão da planície de inundação | | Redução da vazão do rio e regulação do ciclo de cheias |
| Redução da sinuosidade | Aumento da sedimentação de finos e matéria orgânica no leito do canal | Aumento da frequência de inundações em áreas específicas (refluxo, águas barradas por aterros, rede de drenagem urbana deficiente) |
| Formação de morfologias subterrâneas (subsolo de edifícios, túneis, tubulações) | Modificação das características físicas e químicas dos depósitos fluviais e tecnológicos (resíduos sólidos e poluição) | Aumento da secção transversal do canal (aprofundamento, alargamento e encurtamento) |
| Formação de lagos | | Bombeamento das águas subterrâneas e modificação do nível do lençol freático |
| Substituição de um canal meândrico por um retilíneo | | |

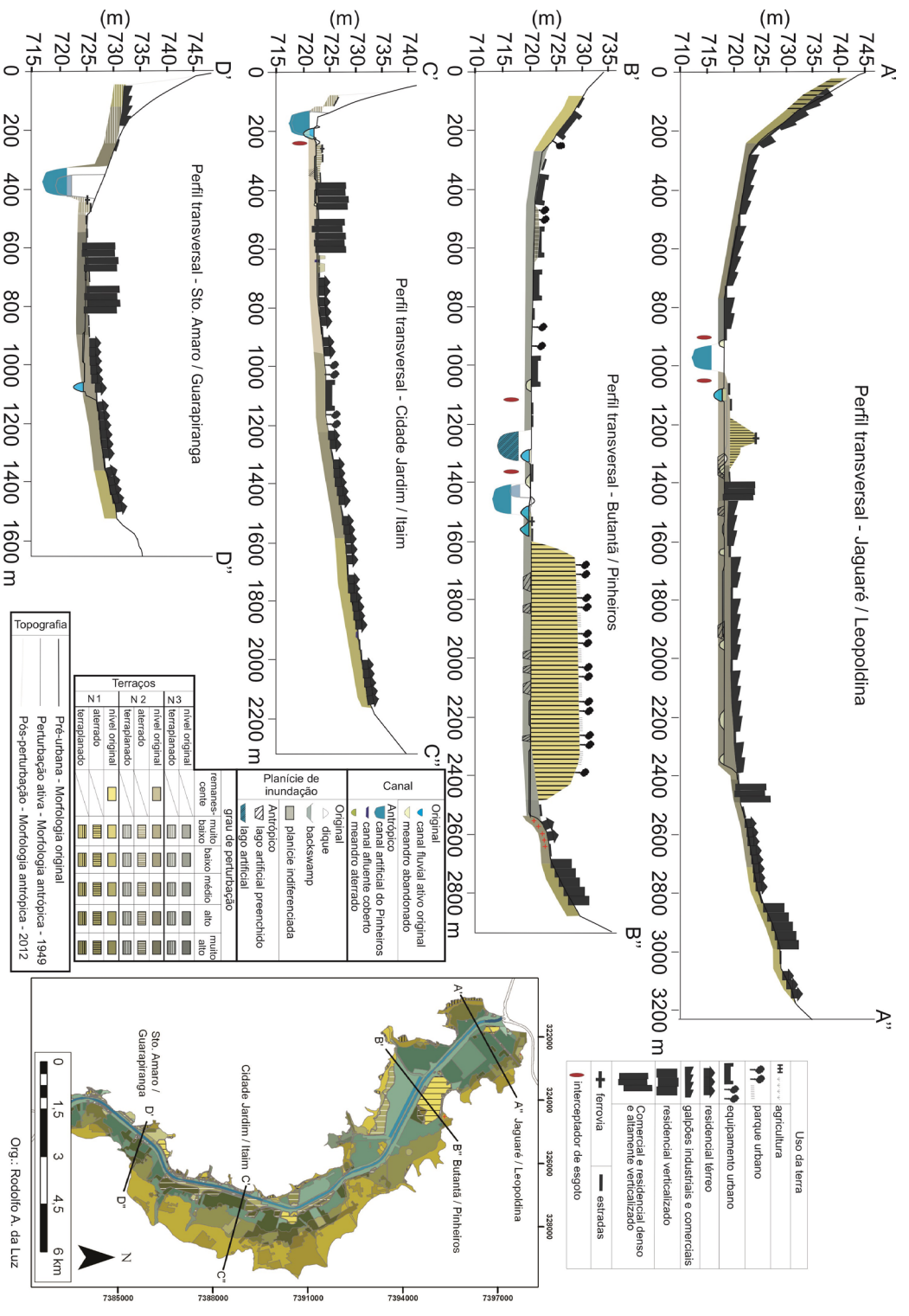


FIGURA 7 – Perfis transversais justapostos e mudanças morfológicas.

FIGURE 7 – Juxtaposed cross-sections and morphological changes.

Em menos de 80 anos agentes antrópicos têm sido responsáveis pela geração ou eliminação de tipos e formas de relevos (conforme classificação de DEMEK 1967) como, por exemplo, a substituição de um canal meândrico por um retilíneo, a criação de terraços e a supressão da planície de inundação. De acordo com CAILLEUX & TRICART (1956), eventos geomorfológicos desta magnitude são esperados para ocorrer em escalas temporais de dezenas de milhares de anos (10^4) em condições naturais.

Ao considerarmos a substituição do antigo canal meândrico pelo canal artificial, ocorrida entre 1936 e 1957 (um breve período de 21 anos), chegamos às taxas de erosão resultante da construção do Canal Pinheiros

(encurtamento, alargamento e incisão) (Tabela 2). HOOKE (1984) apresenta uma revisão de estudos que tratam da redução da sinuosidade em alguns canais meândricos decorrentes de ação antrópica indireta na bacia hidrográfica (Quadro 4). Quando comparados aos dados aqui apresentados, a construção do Canal Pinheiros apresenta taxas de redução da sinuosidade 4 a 20 vezes maiores do que as identificadas por este autor.

Aproximadamente 16.280.000 m³ de materiais tecnogênicos foram dispostos sobre a antiga planície de inundação e baixos terraços ao longo da urbanização. A tabela 3 apresenta os volumes totais de aterros e a taxa de deposição anual considerando o período entre 1933 e 2012.

TABELA 2 – Mudanças nos processos de canal e taxas erosão representativas da substituição do canal pré-urbano pelo canal artificial entre 1936 e 1957 = 21 anos.

TABLE 2 – Changes in channel processes and erosion rates representing the replacement of the pre-urban channel by the artificial channel between 1936 and 1957 = 21 years.

| Unidade Geomorfológica | | Parâmetros | Canal Meândrico Pré-Urbano | Canal Pinheiros |
|------------------------|--------------------------------|----------------|--|-------------------------------------|
| Canal fluvial | Vazão | | Margens plenas (estimado) 159 m ³ /s | Média anual 10 m ³ /s |
| | Comprimento | | 33.722 m | 18.551 m |
| | Taxa de encurtamento | | 722,47 m/ano | |
| | Sinuosidade | | 1,88 | 1,00 |
| | Taxa de redução da sinuosidade | | 0,041 ao ano | |
| | Largura média | | 28,83 m | 85,00 m |
| | Taxa de alargamento | | 2,63 m/ano | |
| | Profundidade | Média | 2,46 m | 3,78 m |
| | | | Taxa de incisão | 0,06 m/ano |
| | | Margens plenas | 4,38 m | 6,40 m |
| Taxa de incisão | | | 0,10 m/ano | |

QUADRO 4 – Mudanças históricas na sinuosidade de canais meândricos. Modificado de HOOKE (1984).

BOX 4 – Historical changes in the sinuosity of meandering channels. Modified from HOOKE (1984).

| Rio Kansas, EUA | | Rio Sacramento, EUA. | | Rio Bollin, Reino Unido | |
|--------------------------------|--|--|-------------|---|-------------|
| Ano | Sinuosidade | Ano | Sinuosidade | Ano | Sinuosidade |
| 1856 | 1,45 | | | 1872 | 2,41 |
| 1870 | 1,47 | 1896 | 1,56 | | |
| 1900 | 1,38 | | | | |
| 1905 | 1,23 | | | | |
| 1942 | 1,14 | | | 1935 | 2,34 |
| 1951 | 1,24 | | | 1969 | 1,97 |
| 1959 | 1,20 | 1974 | 1,35 | 1973 | 1,37 |
| Taxa de redução da sinuosidade | 0,0024 ao ano | 0,0026 ao ano | | 0,0102 ao ano | |
| Causa principal | Substituição de pastagens por agricultura (DORT & RATZLAFF 1970) | Desmatamento da vegetação ripária (BRICE 1977) | | Urbanização e agricultura (MOSLEY 1975) | |

TABELA 3 – Volume estimado de aterros e taxa de deposição em cada estágio de perturbação antrópica (1949 e 2012).

TABLE 3 – Estimated volume of landfills and deposition rate at each stage of anthropogenic disturbance (1949 and 2012).

| Unidades | | Parâmetros | Aterros até 2012 | |
|----------|---------|------------|--------------------|--------------------------------------|
| Terraços | Nível 2 | Aterro | Volume | 5,79x10 ⁶ m ³ |
| | | | Taxa de deposição* | 73.347 m ³ /ano |
| | Nível 1 | Aterro | Volume | 10,49x10 ⁶ m ³ |
| | | | Taxa de deposição* | 132.766 m ³ /ano |
| | Total | | Volume | 206.113 m ³ /ano |
| | | | Taxa de deposição* | |

* A taxa de deposição dos aterros foi calculada a partir da diferença dos volumes estimados de cada ano, dividida pelo número de anos entre as duas datas.

Os aterros mais altos (Nível 1) sustentam hoje o Parque Villa-Lobos, que representa 47,83% do total de aterros da planície fluvial do Rio Pinheiros em 2012 (7,79 x 10⁶ m³), formado basicamente por resíduos sólidos, material de desassoreamento do Rio Tietê e por rejeitos das escavações da construção do Metrô da cidade São Paulo (RODRIGUES 2006).

Considerando todo o período analisado, chegamos a uma taxa de deposição de aterros de 206.113 m³ por ano. O único paralelo de formação de terraços em tão pouco tempo em sistemas não urbanizados pode ser encontrado na formação de terraços a partir de eventos extremos e instantâneos sem a participação antrópica registrada em sistemas fluviais montanhosos altamente dinâmicos, a exemplo do que ocorre na Nova Zelândia. Estes terraços são continuamente formados e eliminados por ciclos de agradação e erosão de 10 anos, apresentando pouca persistência na paisagem (GAGE 1970).

Assim, de acordo com a classificação temporal dos eventos geomorfológicos de BRUNSDEN (1996), estas mudanças na geomorfologia da planície fluvial do Rio Pinheiros ao longo dos últimos 80 anos ou menos, são comparáveis a eventos *extremos* e *instantâneos* ou a eventos milenares (de 10³ a 10⁴ anos). Ainda de acordo com a mesma classificação estas mudanças podem ser consideradas como eventos geomorfológicos *formativos* e *efetivos*. Formativos porque foram criados tipos e formas de relevo como, por exemplo, os terraços antrópicos e o canal artificial, que apresentam longa persistência temporal. Efetivo porque causaram mudanças instantâneas e de alta efetividade nos processos e nas taxas pré-urbanas

como, por exemplo, a deposição de aterros e a redução da sinuosidade e alargamento do canal.

As mudanças ocorridas nos processos geomorfológicos por conta do agente antrópico superaram os limiares geomórficos que mantinham o sistema meândrico pré-urbano em equilíbrio dinâmico (SCHUMM 1977). Os impactos da urbanização resultaram em um *stress* externo tão elevado que produziram morfologias, materiais e taxas de erosão, deposição e de descarga tão distintas das condições pré-existentes que mesmo uma hipotética retirada do elemento antrópico da área não seria suficiente para o retorno do sistema meândrico pré-urbano, ao menos num período histórico de percepção humana (inferior a 10³ anos).

O mesmo resultado tem sido encontrado em outros sistemas geomorfológicos da cidade de São Paulo (RODRIGUES *et al.* 2019). Em outras palavras, a magnitude das mudanças no sistema pré-urbano foi efetiva ao ponto de criar novos processos e novas morfologias que só poderão ser novamente transformados através de novas intervenções antrópicas igualmente instantâneas e de alta magnitude, uma vez que transformações nestes tipos e formas de relevo ocasionadas apenas por agentes naturais só ocorrem em, no mínimo, milhares de anos.

Há ainda as mudanças antrópicas sofridas em toda a bacia hidrográfica, para além da planície fluvial, onde a urbanização modificou as taxas e processos de infiltração nas vertentes e as descargas dos rios afluentes. O *input* de águas e sedimentos das vertentes e rios afluentes no sistema hidromorfológico da planície fluvial do Rio Pinheiros também está significativamente alterado pela ação antrópica, o que torna ainda

mais difícil o retorno do sistema às condições pré-urbanas.

Um dos resultados práticos evidenciados pela análise dos mapas é que não há mais terrenos remanescentes da planície de inundação que poderiam servir como áreas de armazenamento de águas durante as inundações, e que atenuariam os efeitos das descargas de cheia do sistema. As melhores áreas para este tipo de intervenção seriam aquelas com grau muito baixo de

perturbação antrópica e localizadas sobre a antiga planície de inundação, no entanto, no caso do Pinheiros, estes remanescentes são muito pequenos, correspondendo a apenas 0,78% dos terraços de nível 1 (Figura 8). Há apenas um último remanescente dos baixos terraços fluviais e planície de inundação do Rio Pinheiros no Parque Burle Marx (Figuras 9, 10 e 11).

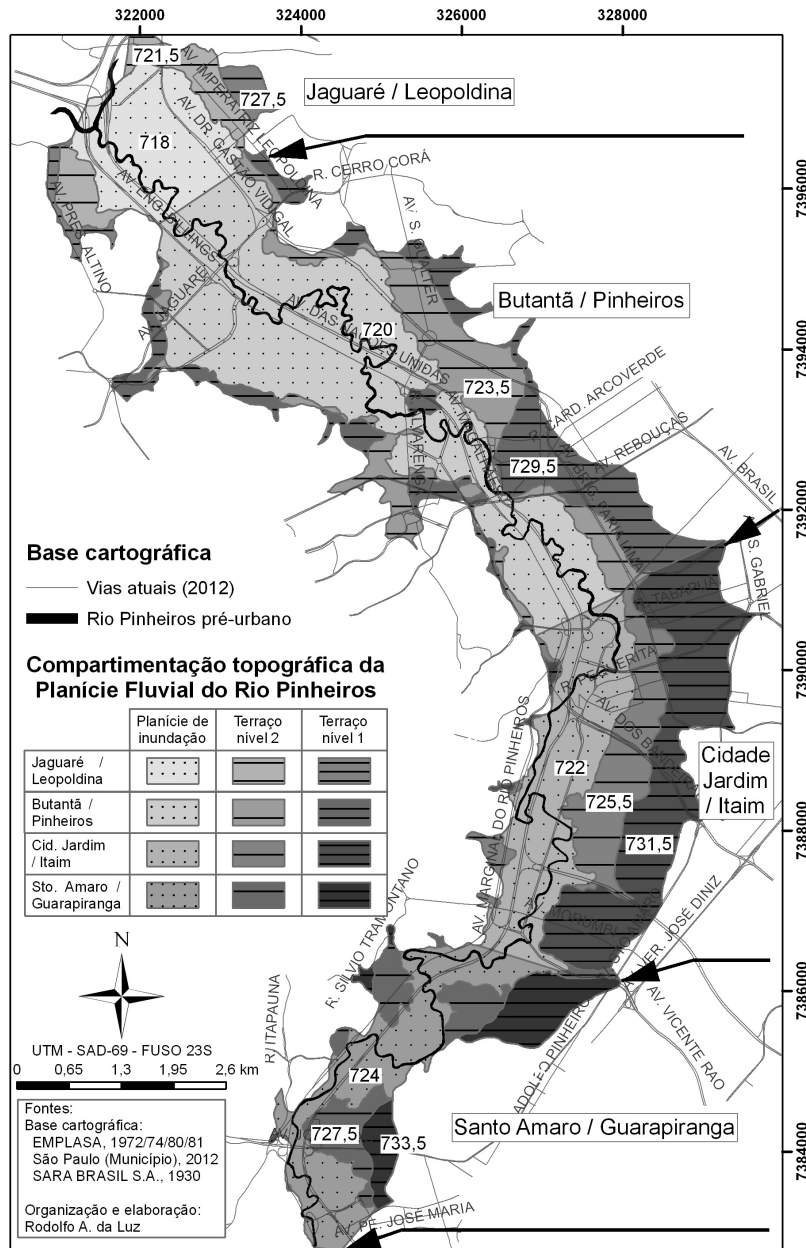


FIGURA 8 – Localização dos remanescentes com menor grau de perturbação sobre a antiga planície de inundação.

FIGURE 8 – Location of remnants with lower disturbance levels on the former floodplain.

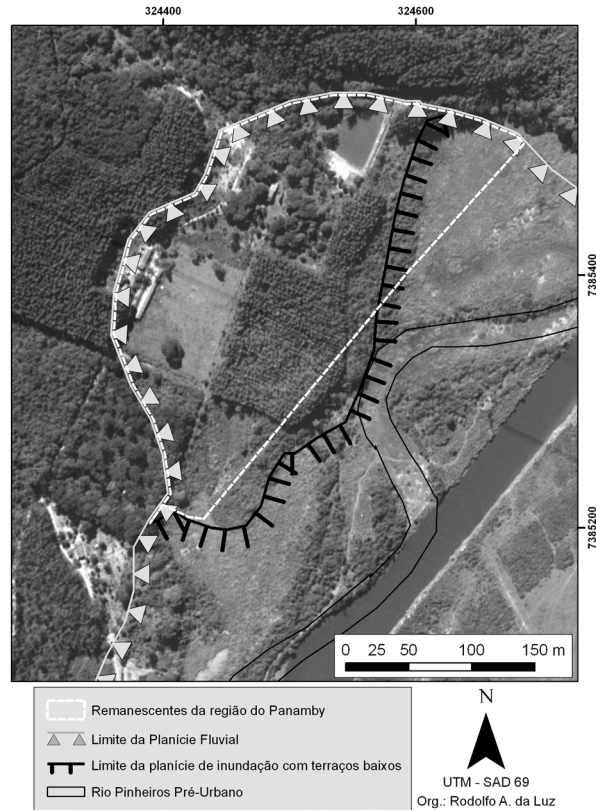


FIGURA 9 – Unidades geomorfológicas pré-urbanas e localização da área remanescente na região do Panamby sobre a aerofoto de 1948.

FIGURE 9 – Pre-urban geomorphological units and location of the remnant area in the Panamby region on the 1948 aerial photo.

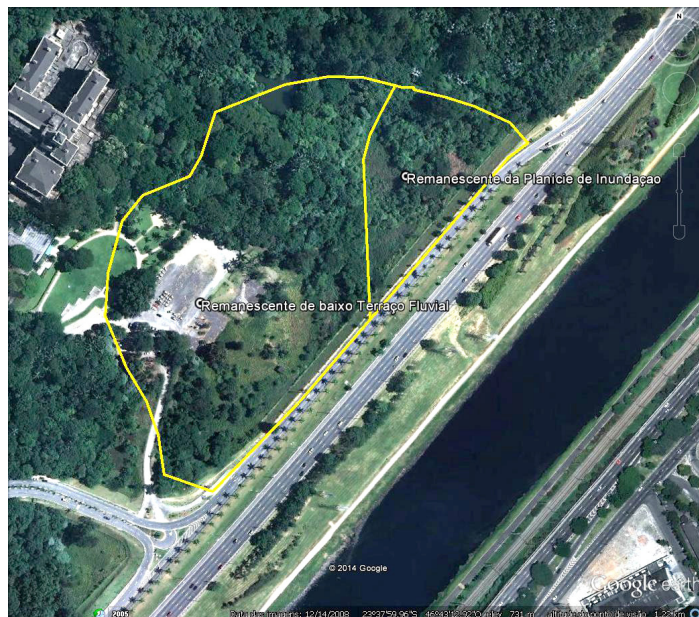


FIGURA 10 – Unidades hidromorfológicas pré-urbanas e localização da área remanescente na região do Panamby sobre imagem de satélite de 2008. Fonte: Google Earth 7 de 14/12/2008, consultada em 17/07/2014.

FIGURE 10 – Pre-urban hydromorphological units and location of the remnant area in the Panamby region on the 2008 satellite image. Source: Google Earth 7 from 12/14/2008, accessed on 07/17/2014.



FIGURA 11 – Último remanescente da planície de inundação do Rio Pinheiros com aterro da Marginal Pinheiros ao fundo. Foto: Ricardo Cardim. Fonte: CARDIM (2014).

FIGURE 11 – Last remnant of the Pinheiros River floodplain with the Pinheiros Marginal landfill in the background. Photo: Ricardo Cardim. Source: CARDIM (2014).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os mapas que revelam a geomorfologia pré-urbana e antropogênica da planície fluvial do rio Pinheiros são fundamentais para o dimensionamento das mudanças e dos impactos que a urbanização trouxe para o sistema. Planícies fluviais de rios meandantes submetidas à urbanização em meio tropical úmido podem apresentar mudanças geomorfológicas consideradas instantâneas, que podem ser anuais, decenais e seculares (10^0 a 10^2 anos), resultando em eventos geomorfológicos comparáveis a eventos naturais extremos e de alta magnitude ou a eventos milenares (10^3 a 10^4 anos) como por exemplo, a formação de terraços, supressão da planície de inundação e transformações de padrões canal fluvial.

Tanto a evolução geológica e geomorfológica quanto as modificações antrópicas podem ser identificadas, e a magnitude e as consequências da urbanização podem ser analisadas e dimensionadas. Desta maneira, são geradas bases técnico-científicas fundamentais para o aperfeiçoamento da gestão dos rios, canais artificiais e planícies fluviais, podendo ser aplicadas em projetos ambientais e de controle de enchentes e em levantamentos geotécnicos.

A urbanização da planície fluvial do Rio Pinheiros resultou em um sistema hidromorfológico com praticamente nenhum remanescente da planície de inundação original que possa ser utilizado como terrenos para retardar ou deter as inundações de

pico. Apesar de ter diminuído significativamente a área atingida pelas inundações de extravasamento do canal, as intervenções antrópicas criaram novos tipos de inundação, potencializaram os impactos das inundações nas avenidas de fundo de vale dos afluentes do Pinheiros, transferiram parte dos impactos para jusante e demandam manutenção e ampliação constante. O sistema de controle de cheias do Canal Pinheiros exigiu a ampliação da seção transversal do canal e a implantação de grandes estruturas de engenharia e depende, atualmente, da mobilização de técnicos e operadores da EMAE, da dragagem constante do leito assoreado e da contínua ampliação da capacidade do sistema por causa do avanço da urbanização na bacia hidrográfica (LUZ 2014).

O caso do Pinheiros mostra como intervenções urbanísticas pontuais e baseadas na implantação de medidas estruturais de engenharia, muitas vezes não consideram a resposta complexa que os fenômenos geomorfológicos podem apresentar quando limiares são rompidos (SCHUMM 1977). Lições aprendidas a duras penas, que devem ser consideradas no planejamento de uso e ocupação de sistemas ainda pouco perturbados.

7 AGRADECIMENTOS

Aos pareceristas de Derbyana pelas sugestões apresentadas.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS / ABGE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA / SBG – SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA. 1992. *Problemas Geológicos e Geotécnicos na Região Metropolitana de São Paulo*. In: Seminário, São Paulo, ABAS, ABGE e SBG, 290 p.
- ABGE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA / SBG – SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA. 1980. *Aspectos Geológicos e Geotécnicos da Bacia Sedimentar de São Paulo*. Mesa Redonda, São Paulo, 190 p.
- AB’SABER, A.N. 1953. Os Terraços Fluviais da Região de São Paulo. *Anuário da Faculdade de Filosofia “Sedes Sapientiae” da Pontifícia*

- Universidade Católica de São Paulo*, 10: 86–104.
- AB’SABER, A.N. 1957. *Geomorfologia do Sítio Urbano de São Paulo* (Edição Fac-símile). Ateliê Editorial, Cotia, 349 p.
- AB’SABER, A.N. 1958. O Sítio Urbano de São Paulo. In: A. Azevedo (Org.) *A Cidade de São Paulo*. São Paulo, Companhia Editora Nacional, v. 1, p. 169–243.
- AB’SABER, A.N. 1978. A Planície do Tietê no Planalto Paulistano. *Geomorfologia*, 57: 1–24.
- ALMEIDA, F.F.M. 1958. O Planalto Paulistano. In: A. Azevedo (Org.) *A Cidade de São Paulo: Estudos de Geografia Urbana*. São Paulo, Companhia Editora Nacional, v. 1, p. 113–168.
- ALMEIDA, F.F.M. 1964. Fundamentos geológicos do relevo paulista. *Boletim do Instituto Geográfico e Geológico*, 41: 168–274.
- ALMEIDA, F.F.M.; RICCOMINI, C.; DEHIRA, L.K.; CAMPANHA, G.A.C. 1984. Tectônica da Formação Itaquaquecetuba na Grande São Paulo. In: SBG, CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, *Anais*, 1794–1808.
- BATISTA, S.C. 2002. *Conversa Cartográfica: Processo de expansão urbana na Metrópole Paulistana e unidades geomorfológicas de média escala*. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, Trabalho de Graduação Individual.
- BERGER, A.R. 1996. The Geoindicator Concept and its Application: An Introduction. In: A.R. Berger & W.J. Iams (Eds.) *Geoindicators: Assessing Rapid Environmental Changes in Earth Systems*. Rotterdam, A.A. Balkema. p. 1–14.
- BERGES, B. 2013. *Geomorfologia Urbana Histórica aplicada à análise das inundações na bacia hidrográfica do Córrego da Moóca - São Paulo, SP*. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, Dissertação de Mestrado, 179 p. <https://doi.org/10.11606/D.8.2013.tde-17122013-125259>
- BIGARELLA, J.J. 1971. Variações Climáticas no Quaternário Superior do Brasil e sua Datação Radiométrica pelo Método do Carbono 14. *Paleoclimas*, 1: 1–22.
- BRICE, J.C. 1977. *Lateral Migration of the Middle Sacramento River, California*. US Geological Survey Report, Water Resources Investigations, WRD/WR1-77/052, 51 p.
- BRITO, F.S.R. 1926. *Melhoramentos do Rio Tietê em São Paulo*. Seção de obras d’ “O Estado de S. Paulo”, São Paulo, 270 p.
- BRUNSDEN, D. 1996. Geomorphological events and landform change. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 40(3): 273–288. <https://doi.org/10.1127/zfg/40/1996/273>
- CAILLEUX, A.; TRICART, J. 1956. Le problème de la classification des faits géomorphologiques. *Annales de Géographie*, 65(349): 162–186. <https://doi.org/10.3406/geo.1956.14285>
- CAMPAGNOLI, F. 2002. *A Aplicação do Assoreamento na Definição de Geoindicadores Ambientais em Áreas Urbanas: Exemplo na Bacia do Alto Tietê, SP*. Escola Politécnica Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado em Engenharia Civil, 192 p.
- CARDIM, R. 2014. *A Última Floresta e Brejos Nativos do Rio Pinheiros estão Condenados a Virar Concreto em Frente ao Parque Burle Marx no Panamby*. Disponível em <http://arvoresdesaopaulo.wordpress.com/2014/03/11/a-ultima-floresta-e-brejos-nativos-do-rio-pinheiros-estao-condenados-a-virar-concreto-em-frente-ao-parque-burle-marx-no-panamby/>. Acessado em 26 ago. 2024.
- CARVALHO, D.L.R. 2002 *Ensaio de cartografia geomorfológica de detalhe sob a abordagem da Antropogeomorfologia - Bairro Jardim Serrano (Ribeirão Pires - RMSP)*. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, Trabalho de Graduação Individual.
- CLARO, M.S. 2013. *Unidades morfológicas complexas na bacia hidrográfica do Córrego da Tapera, São Paulo, SP: Contribuições ao*


- planejamento ambiental e urbano*. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, Dissertação de Mestrado, 156 p. <https://doi.org/10.11606/D.8.2013.tde-26022014-125414>
- COIMBRA, A.M.; RICCOMINI, C.; MELO, M.S. 1983. A Formação Itaquaquecetuba: Evidências de Tectonismo no Quaternário Paulista. In: SBG, SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 4, São Paulo, *Atas*, 253–266.
- COLTRINARI, L. 1996. Natural and Anthropogenic Interactions in the Brazilian Tropics. In: A.R. Berger & W.J. Iams (Eds.) *Geoindicators: Assessing Rapid Environmental Changes in Earth Systems*. Rotterdam, A.A. Balkema, p. 295–310.
- COLTRINARI, L.; MCCAL, G.J.H. 1995. Geo-Indicadores: Ciências da Terra e Mudanças Ambientais. *Revista do Departamento de Geografia*, 9: 5–11. <https://doi.org/10.7154/RDG.1995.0009.0001>
- COUTARD, J.P.; PELLERIN, J.; BARROS DE AGUIAR, M.; COLTRINARI, L. 2020. Carta do modelado e das formações superficiais do médio vale do rio Parateí, SP – 1:25.000. *Revista do Instituto Geológico*, 41(1): 21–27. <https://doi.org/10.33958/revig.v41i1.689>
- DACKOMBE, R.V.; GARDINER, V. 1983. *Geomorphological Field Manual*. George Allen & Unwin, London, 270 p.
- DEMEK, J. 1967. Generalization of Geomorphological Maps. *Proceedings of the IGU Commission on Applied Geomorphology, Sub-Commission on Geomorphological Mapping*, Brno, 36–72.
- DEMEK, J. 1972. *Manual of Detailed Geomorphological Mapping*. International Geographical Union, Commission on Geomorphological Survey and Mapping, Prague, 344 p.
- DORT, W.; RATZLAFF, J. 1970. *Recent variation in course and regimen, Kansas River and nearby reaches*. Kansas Water Resources Research Institute, Completion Report, 50.
- DOUGLAS, I. 1983. *The Urban Environment*. Edward Arnold, London, 240 p.
- EMAE – EMPRESA METROPOLITANA DE ÁGUAS E ENERGIA. 2009. *Controle de Cheias do Canal Pinheiros*. Instituto de Engenharia, São Paulo. Disponível em <https://www.institutodeengenharia.org.br/site/wp-content/uploads/2017/10/arqnot2650.pdf>. Acessado em 28 abr. 2014.
- EMPLASA – EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO S.A. 1984. *Carta Geológica da Região Metropolitana de São Paulo, escala: 1:50.000*. EMLASA, São Paulo.
- ESTAIANO, J.C. 2007. *Impactos da mineração de areia em planícies fluviais meândricas da bacia hidrográfica do Alto Tietê: o caso do rio Embu-Guaçu*. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, Dissertação de Mestrado, 176 p. <https://doi.org/10.11606/D.8.2007.tde-13032008-140809>
- GAGE, M. 1970. The Tempo of Geomorphic Change. *Journal of Geology*, 78(5): 619–625. <https://doi.org/10.1086/627561>
- GUPTA, A. 2002. Geoindicators for Tropical Urbanization. *Environmental Geology*, 42(7): 736–742. <https://doi.org/10.1007/s00254-002-0551-x>
- HART, M.G. 1986. *Geomorphology Pure and Applied*. George Allen & Unwin, London, 228 p.
- HOOKE, J.M. 1984. Changes in river meanders: a review of techniques and results of analyses. *Progress in Physical Geography*, 8(4): 473–508. <https://doi.org/10.1177/030913338400800401>
- IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. 1981. *Mapa Geológico do Estado de São Paulo, Escala 1:500.000*. São Paulo, Série Monografias nº 6, 125 p.
- JUNQUEIRA, C.B. 1969. Camadas Cruzadas de Areias, Gravas e Cascalhos Fluviais do Vale do Rio Pinheiros (“Campus” Da Cidade Universitária, S.P.). *Geomorfologia*, IGEOG – USP, Notas Prévias, 10: 7–9.

- LIMA, C.R. 1990. *Urbanização e intervenções no meio-físico na borda da Bacia Sedimentar de São Paulo: uma abordagem geomorfológica*. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, Dissertação de Mestrado, 105 f.
- LIMA, E.C. 2013. *O Levantamento Pioneiro da Sara Brasil: Histórico, Tecnologia Empregada e Avaliação dos Produtos*. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, Dissertação de Mestrado, 105 p. <https://doi.org/10.11606/D.3.2012.tde-26072013-142950>
- LUZ, R.A. 2010. *Geomorfologia da Planície Fluvial do Rio Pinheiros entre os Bairros de Pinheiros, Butantã e Cidade Jardim, São Paulo (SP)*. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, Dissertação de Mestrado, 115 p. <https://doi.org/10.11606/D.8.2010.tde-03112010-093445>
- LUZ, R.A. 2014. *Mudanças Geomorfológicas na Planície Fluvial do Rio Pinheiros, São Paulo (SP), ao longo do Processo de Urbanização*. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 277 p. <https://doi.org/10.11606/T.8.2014.tde-29062015-152030>
- LUZ, R.A.; RODRIGUES, C. 2013. Reconstituição Geomorfológica de Planícies Fluviais Urbanizadas: O Caso do Rio Pinheiros, São Paulo - SP. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 14(1): 47–57. <https://doi.org/10.20502/rbg.v14i1.354>
- MACHADO, R.P.P. 2010. Sobreposição da Cartografia Digital Vetorial às Cartas e Mapas Históricos da Cidade de São Paulo. In: SIMPÓSIO IBEROAMERICANO DE HISTÓRIA DA CARTOGRAFIA: AGENDAS PARA A HISTÓRIA DA CARTOGRAFIA IBEROAMERICANA, 3, São Paulo, *Anais*.
- MELO, M.S.; PONÇANO, W.L. 1983. *Gênese e Distribuição Geográfica dos Depósitos Cenozóicos do Estado de São Paulo*. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Monografias (9), 74 p.
- MELO, M.S.; VINCENS, A.; TUCHOLKA, P. 1985. Contribuição à Cronologia da Formação Itaquaquecetuba - SP. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 57(2): 175–181.
- MELO, M.S.; COIMBRA, A.M.; RICCOMINI, C. 1989. Evolução do Conhecimento sobre a Geologia da Bacia de São Paulo na Década de Oitenta. In: IGC-USP, SBG, WORKSHOP – GEOLOGIA DA BACIA DE SÃO PAULO, São Paulo, *Coletânea das Comunicações*, 1–11.
- MOROZ-CACCIA GOUVEIA, I.C. 2010. *Da Originalidade do Sítio Urbano de São Paulo às Formas Antrópicas: Aplicação da Abordagem da Geomorfologia Antropogênica na Bacia Hidrográfica do Rio Tamanduateí, na Região Metropolitana de São Paulo*. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 385 p. <https://doi.org/10.11606/T.8.2010.tde-31012011-123012>
- MOSLEY, M.P. 1975. Channel changes on the River Bollin, Cheshire, 1872-1973. *East Midland Geographer*, 6(1075): 185–99.
- NIR, D. 1983. *Man, a Geomorphological Agent: An Introduction to Anthropic Geomorphology*. D. Reidel Publishing Co., Keter Publishing, Jerusalém, 165 p.
- PAROLIN, T. 2009. *Ensaio de Reconstituição Morfológica e Fitogeográfica de Detalhe na Área do Parque Villas Boas, em São Paulo*. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, Trabalho de Graduação Individual.
- PELOGGIA, A.U.G. 1997. A ação do Homem enquanto ponto fundamental da Geologia do Tecnógeno: Proposição teórica básica e discussão acerca do caso do Município de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, 27(3): 257–268.
- PETRONE, P. 1963. *Pinheiros: aspectos geográficos de um bairro paulistano*. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 196 p.

- RICCOMINI, C.; SANTA'ANNA, L.G.; FERRARI, A.L. 2004. Evolução Geológica do Rift Continental do Sudeste do Brasil. In: V. Mantesso-Neto; A. Bartorelli; C.D.R. Carneiro; B.B.Brito-Neves (Orgs.) *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flavio Marques de Almeida*, Beca, p. 383–405.
- RODRIGUES, C. 1999. On Antropogeomorphology. In: REGIONAL CONFERENCE ON GEOMORPHOLOGY, Rio de Janeiro, *Anais*, p. 100–110.
- RODRIGUES, C. 2004. A Urbanização da Metrópole sob a Perspectiva da Geomorfologia: Tributo à Leituras Geográficas. In: A.F.A. Carlos & A.U. Oliveira (Eds.) *Geografias de São Paulo: Representação e Crise da Metrópole*, Contexto, São Paulo, p. 89–114.
- RODRIGUES, C. 2006. Sistemas Geomorfológicos e o Impacto da Urbanização na Metrópole de São Paulo. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 6, Goiânia, *Guia de Excursão*.
- RODRIGUES, C. 2010. Avaliação do Impacto Humano da Urbanização em Sistemas Hidrogeomorfológicos: Desenvolvimento e Aplicação de Metodologia na Grande São Paulo. *Revista do Departamento de Geografia*, 20: 111–125. <https://doi.org/10.7154/RDG.2010.0020.0008>
- RODRIGUES, C.; COLTRINARI, L. 2004. Geoindicators of urbanization effects in humid tropical environment: São Paulo (Brazil) Metropolitan Area. In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, 32, Florence, *Annals*, p. 976.
- RODRIGUES, C.; MOROZ-CACCIA GOUVEIA, I.C.; LUZ, R.A.; VENEZIANI, Y.; SIMAS, I.T.H. 2019. Antropoceno e Mudanças Geomorfológicas: sistemas fluviais no processo centenário de urbanização de São Paulo. *Revista do Instituto Geológico*, 40(1): 105–123. <https://doi.org/10.33958/revig.v40i1.631>
- SANTANA, C.L. 2008. *Geomorfologia da planície fluvial do rio Ribeira de Iguape entre Sete Barras e Eldorado (SP): subsídios ao planejamento físico-territorial de áreas inundáveis*. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, Dissertação de Mestrado, São Paulo, 288 p. <https://doi.org/10.11606/D.8.2008.tde-07102009-152524>
- SÃO PAULO (PREFEITURA DE SÃO PAULO). 2002. Atlas Ambiental do Município de São Paulo: Mapa Geológico. In: *O meio físico e a ocupação humana*, SVMA-SEMPA, São Paulo. Disponível em <https://metadados.geosampa.prefeitura.sp.gov.br/geonetwork/srv/api/records/7a57b97c-6aaa-4850-9aaa-bf45eba29e60>. Acessado em 19 jul. 2007.
- SARA BRASIL S/A. 1930. *Mappa Topographico do Município de São Paulo, escala 1:20.000*. Instituto Geográfico de Agostini, Folha III, Roma.
- SAVIGEAR, R.A.G. 1965. A technique of morphological mapping. *Annals of the Association of American Geographers*, 55(3): 514–538. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1965.tb00532.x>
- SCHUMM, S.A. 1977. *The Fluvial System*. Wiley, New York, 338 p.
- SILVA, J.P. 2005. *Expansão urbana e evolução geomorfológica em remansos de reservatórios: análise comparativa de duas bacias hidrográficas em Guarapiranga, São Paulo*. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, Dissertação de Mestrado, São Paulo, 122 p. <https://doi.org/10.11606/D.8.2006.tde-19072007-101403>
- SUGUIO, K. 1971. Estudo dos Troncos de Árvores “Linhitificados” dos Aluviões Antigos do Rio Pinheiros (SP): Significados Geocronológico e possivelmente Paleoclimático. In: SBG, CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, São Paulo, *Anais*, 53-59.
- SUGUIO, K.; RICCOMINI, C.; SALLUN, A.E.M.; SALLUN FILHO, W.; ARONCHI NETO, P. 2010. Provável Significado Geológico de Idades LOE (Luminescência Ópticamente Estimulada) da Formação Itaquaquacetuba, SP. *Geologia USP, Série Científica*, 10(3):

- 49–56. <https://doi.org/10.5327/Z1519-874X2010000300004>
- TAKIYA, H. 1997. *Estudo de Sedimentação Neogênico Quaternário no Município de São Paulo: Caracterização dos Depósitos e suas Implicações na Geologia Urbana*. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, São Paulo, 152 p. <https://doi.org/10.11606/T.44.1997.tde-28102015-142657>
- TOY, T.J.; HADLEY, R.F. 1987. *Geomorphology and Reclamation of Disturbed Lands*. Academic Press Inc., Orlando, 480 p.
- TRICART, J. 1965. *Principes et Méthodes de La Géomorphologie*. Masson et Cie., Paris, 496 p.
- TRICART, J. 1977. *Ecodinâmica*. IBGE, Rio de Janeiro, 97 p.
- VARGAS, M. 2002. *Os Solos da Cidade de São Paulo: histórico de pesquisas*. Artigo técnico ABGE, 17, São Paulo, 103 p.
- WOLMAN, M.G. 1967. A cycle of sedimentation and erosion in urban river channels. *Geografiska Annaler*, 49A (1/2): 385–395. <https://doi.org/10.1080/04353676.1967.11879766>

Endereço do autor:

Rodolfo Alves da Luz* ( 0000-0002-6608-4898) – Universidade Federal do Tocantins - Campus de Palmas, Avenida NS-14, ALCNO 14 (Quadra 109 Norte), Anexo do PPGDR Professora Isabel Auler, Laboratório de Análise Regional e Geoprocessamento, Plano Diretor Norte, CEP 77001-090, Palmas, TO, Brasil. *E-mail*: rodolfodaluz@uft.edu.br

*Autor correspondente

Artigo recebido em 26 de agosto de 2024, aceito em 9 de dezembro de 2024.

