

**Avaliação do Impacto Humano da Urbanização em Sistemas Hidro-Geomorfológicos.  
Desenvolvimento e Aplicação de Metodologia na Grande São Paulo**

Cleide Rodrigues

Universidade de São Paulo

cleidrig@usp.br

**RESUMO**

Estudos voltados a sistemas hidro-geomorfológicos como o de bacias hidrográficas urbanas com diferentes graus e padrões de intervenção antrópica, vem sendo realizados para a Grande São Paulo de forma a aplicar parte dos procedimentos metodológicos propostos em Rodrigues (1990, 1997, 1999, 2004 e 2005). Partindo-se de princípios selecionados de revisões teórico-metodológicas nas áreas de Geografia Física e Geomorfologia, esses estudos apresentam recortes espaciais e temporais diversos e complementares. Progressivamente, vêm demonstrando a aplicabilidade da *antropogeomorfologia* e da *cartografia geomorfológica evolutiva e retrospectiva* para a identificação e aplicação de indicadores e parâmetros de avaliação dos efeitos das intervenções antrópicas em sistemas hidro-geomorfológicos. Em seu conjunto esses estudos têm evidenciado que parte das dificuldades de realização de avaliações de impactos e mudanças em sistemas físicos complexos e antropizados, deve-se à necessidade de se considerarem, simultaneamente, dois conjuntos de conhecimento: o do arcabouço teórico-metodológico de abordagens integradas em Geografia Física e Geomorfologia e parâmetros quantitativos, esses dependentes da existência de dados em séries históricas compatíveis. A superação desses tipos de dificuldade pôde ser alcançada com a elaboração de sistematizações geográficas e geomorfológicas auxiliadas pela cartografia e pela utilização de séries históricas de dados padronizáveis obtidos por pesquisas documentais ou arquivísticas. Os resultados até aqui alcançados evidenciam que, ao longo do último século, a intervenção humana em sistemas hidro-geomorfológicos da Região Metropolitana de São Paulo resultou em mudanças e eventos cuja magnitude e frequência são semelhantes às de eventos naturais anômalos ou extremos. Por outro lado, a pesquisa permitiu relacionar as intervenções e seus efeitos a atores sociais e a instrumentos de planejamento no processo histórico de produção do espaço urbano, colaborando na gestão pública territorial e ambiental.

*Palavras-chave:* Geomorfologia Aplicada; Avaliação do Impacto Humano; Região Metropolitana de São Paulo, Geomorfologia Fluvial; Geoindicadores;

## ABSTRACT

Researches concerning hydrogeomorphological systems with different anthropogenic intervention levels in São Paulo Metropolitan area have developed and applied methodological procedures suggested by Rodrigues (1990;1997;1999;2004 e 2005). These researches that consider selected principles obtained from theoretical and methodological reviews related to Geomorphology and Physical Geography, have been using different and complementary spatial and temporal scales. Progressively they have demonstrated the applicability of anthropogeomorphology and retrospective geomorphological cartography, mainly to identify indicators and parameters to evaluate changes and effects of human interventions in urban hydrogeomorphological systems. These researches have also demonstrated partial reasons for the difficulties to produce researches in complex and anthropogenic systems. These difficulties are related to the needs to consider simultaneously methodologic bases to integrate approaches and quantitative parameters with long term data series that can be supported by archival researches.

Some results reveal that cumulative human interventions in hydrogeomorphologic systems of São Paulo Metropolitan area have produced events of similar magnitude or frequency to extremes and anomalous natural events.

Even these researches concern physical parameters of changes, they can also relate these physical parameters to social actors and management tools in the historical processes of urbanization, that means possible improvements in public territorial and environmental management.

**Key Words:** Applied Geomorphology; Human Impact Assesment; São Paulo Metropolitan Area; Fluvial Geomorphology; Geoindicators;

## INTRODUÇÃO

Avaliações do impacto humano em sistemas geomorfológicos foram disseminadas desde a promulgação, em diversos países, de legislação ambiental específica, voltada a diversos tipos de intervenções antrópicas e envolvendo estudos ambientais e relatórios de impacto ambiental. No Brasil, contudo, esses estudos de impacto ambiental –EIAs- e respectivos relatórios de impacto ambiental –RIMAs-, não vêm se apropriando de parte relevante dos recursos teórico-metodológicos existentes na Geografia Física Teórica e, em especial, na Geomorfologia, criando dificuldades para bom trânsito entre a produção de conhecimento no âmbito acadêmico e a produção de conhecimento no plano das práticas de avaliação de impacto e gestão ambiental (RODRIGUES,1997).

Associando experiências de avaliação de impacto ambiental de hidrelétricas em diversas regiões do Brasil, experiências de avaliação dos efeitos da urbanização na região de São Paulo a revisões teórico-metodológicas em Geografia Física e Geomorfologia, foi possível testar e, progressivamente, desenvolver proposta metodológica para avaliação qualitativa e quantitativa de mudanças antrópicas em sistemas hidro-geomorfológicos, principalmente para o meio tropical úmido.

Essa proposta metodológica, respaldada, portanto, em pesquisa teórica e geográfica substantiva, foi sendo divulgada na medida em que os testes foram realizados e os procedimentos validados. Desenhada inicialmente em Lima (1990), desenvolve-se em Rodrigues (1997, 1999, 2005a, 2005b) e é parcialmente apresentada em Rodrigues (2004 a) e Rodrigues & Coltrinari ( 2005) caracterizando-se fundamentalmente pela seleção e proposição de:

- princípios e procedimentos selecionados da *Geografia Física e Geomorfologia* teóricas;
- princípios da *Geomorfologia antropogênica*;
- *escalas temporais e espaciais complementares* de análise;
- procedimentos cartográficos apoiados na *cartografia geomorfológica*;
- *conteúdos* de legenda representativos de *fases e de modalidades de intervenção* ou perturbação antrópica;
- *conteúdos* de legenda representativos para *processos hidromorfodinâmicos* (modalidades de processos erosivos, de sedimentação e de transporte);
- *indicadores e parâmetros* da morfologia *pré-intervenção e da morfologia antropogênica*;
- indicadores, parâmetros e medidas de condições físicas dos *materiais originais e antropogênicos da superfície*;
- indicadores, parâmetros e medidas dos *processos superficiais originais e derivados* direta e indiretamente de ações antrópicas; e,
- *correlação* de indicadores de mudanças.

Esses princípios selecionados apresentam estreita vinculação com a utilização da teoria dos sistemas em geomorfologia e outras abordagens integradas, percorrendo obras clássicas como a de Chorley & Kennedy ( 1971) *Physical Geograpy a systems approach* , Tricart (1965) *Principes et Méthodes de la Géomorphologie* , Tricart & Killian (1979) *L'éco-geographie et l'aménagement du milieu naturel* , e obras de autores contemporâneos que utilizam essas referências em estudos mais especializados, conforme explicitado em Rodrigues ( 1997).

Aplicações e testes dos princípios e procedimentos selecionados dessas obras também foram realizados por outros pesquisadores, a exemplo de Carmo (1997), Batista (2003), Carvalho (2001; 2005), Alamedinne (2005), Silva (2005) dentre outros, além de Rodrigues (2004 e 2005).

Dentre os principais resultados da aplicação e desenvolvimento dessa metodologia destacam-se:

- a produção de mapas geomorfológicos retrospectivos e evolutivos, com conteúdos tradicionais da geomorfologia e conteúdos e indicadores da antropogeomorfologia para diversas escalas de abordagem.
- proposição e sistematização de indicadores para avaliação mudanças (efeitos e impactos) da urbanização no meio tropical úmido.
- avaliação dos impactos da urbanização em sistemas hidrogeomorfológicos em diversas escalas e para diversos recortes espaciais e temporais.
- a comprovação da relevância da abordagem geomorfológica para a identificação e mensuração dos impactos humanos no meio físico e, conseqüentemente, para as pesquisas sobre geoindicadores de mudanças ambientais, para análises integradas das paisagens e para abordagens geossistêmicas.

No estudo ora apresentado pretende-se demonstrar parte dos resultados que validaram a aplicação dessa proposta metodológica de avaliação das mudanças e de impactos no meio físico. Noutras palavras, procura-se demonstrar, por meio de exemplos, como é possível realizar avaliações objetivas de impactos ou efeitos que o extenso e duradouro processo de intervenção antrópica da urbanização de São Paulo produziu ao longo dos últimos cem anos em sistemas hidrogeomorfológicos<sup>1</sup>.

## **METODOLOGIA**

Em relação à construção metodológica especialmente voltada à avaliação do impacto da urbanização foram fundamentais os seguintes procedimentos:

---

<sup>1</sup> São aqui considerados como sistemas hidrogeomorfológicos: canais fluviais, planícies de inundação, vertentes, bacias hidrográficas e sistemas lacustres.

1. Pesquisa bibliográfica voltada aos campos da geografia física teórica, da geomorfologia pura e aplicada, da cartografia geomorfológica e pesquisa de documentos técnicos (EIAs, RIMAs e instrumentos de planejamento físico-territorial urbanos).

2. Realização de mapeamentos-teste retrospectivos e evolutivos em diversas bacias hidrográficas, com diferentes e complementares escalas e para diferentes graus e fases de urbanização na Grande São Paulo (dez estudos em diversas bacias hidrográficas urbanizadas).

3. Pesquisa documental de relatórios técnicos de projetos de engenharia realizados na Grande São Paulo e pesquisa iconográfica direcionada à cartografia de base, cartografia temática e a levantamentos aerofotográficos (acervos da FPHESP, IGC-SEPSP, PMSP, DAEE, Maubertech SA, EMAE, dentre outros órgãos e empresas)

4. Pesquisa, aplicação e correlação de alguns indicadores da *morfologia original e antropogênica*, dos *processos hidro-geomorfológicos originais e antropogênicos* e dos *materiais superficiais originais ou antropogênicos*.

## RESULTADOS

Nesse texto são apresentados apenas alguns exemplos dos resultados da aplicação da metodologia proposta, a fim de demonstrar e seu o potencial para avaliação e quantificação das mudanças e sua viabilidade de execução. Assim, apresentam-se : exemplos de sistematizações cartográficas, parte dos indicadores testados e o quadro geral dos indicadores para áreas urbanizadas. São tomados como exemplos alguns indicadores representativos na escala regional e em escalas de detalhe, para um período aproximado de cem anos.

Nessa apresentação parcial de resultados, foram selecionados três tipos : resultados *cartográficos*, resultados quantitativos sobre *processos* e resultados *metodológicos*. Em relação a esses últimos, optou-se por apresentar parte da sistematização dos parâmetros e indicadores para a leitura das mudanças e não a proposta metodológica geral, tendo em vista sua abrangência.

### *Alguns resultados das sistematizações cartográficas*

Um dos principais testes de aplicação da metodologia proposta, essencial para a viabilização de pesquisas futuras na linha das mudanças de origem antrópica, foi o da sistematização cartográfica em escala regional para diversas fases da urbanização metropolitana e sua correlação com as unidades hidro-geomorfológicas originais. Esse teste foi necessário tendo em vista que as pesquisas anteriores foram desenvolvidas apenas em escalas de maior detalhe, compatíveis para a abordagem de sistemas hidro-geomorfológicos como os de bacias hidrográficas de 3ª ordem e vertentes (Lima, 1982; Rodrigues, 1997). Assim, para a escala regional ou metropolitana, os conteúdos a serem correlacionados para a leitura sobre as mudanças não haviam sido testados. Nesse teste foram geradas sistematizações cartográficas, assim denominadas porque não foram produzidas a partir de novos dados primários, mas a partir da fusão de outras cartas anteriormente publicadas, correlacionadas com dados de campo e a imagens de satélite.

Indispensável para as leituras sobre mudanças, a sistematização cartográfica da morfologia original, em 1: 250000, foi obtida a partir das cartas geomorfológicas parciais de Ab'saber (1957) em 1:50.000, de Almeida em 1:50.000 (1959) e da sistematização cartográfica da Região Metropolitana realizada pelo BRASIL/ESP/EMPLASA (1990) em 1:500000. Essa nova sistematização da morfologia original da região metropolitana foi idealizada por essa autora e concretizada por Batista (2003). Seu potencial para leituras e interpretações sobre mudanças foram parcialmente avaliados em Rodrigues (2004). Esse mapa apresentado em 1: 500.000 foi divulgado originalmente em Batista (2003), ali ainda pouco articulado à justificativa metodológica e interpretativa que o originou.

A **Figura 1** apresenta esse mapa produzido e os conteúdos de legenda discriminados: planícies de inundação originais, terraços fluviais originais, traçado original dos cursos fluviais principais, sistema original do espigão, morrotes em embasamento cristalino, colinas em embasamento sedimentar, escarpas da Serra do Mar e os morros do Planalto Paulistano em embasamento cristalino pré-cambriano. A partir dessa carta foi possível obter a comprovação de que os conteúdos selecionados para avaliação de mudanças na escala regional são significativos e discerníveis na escala, permitindo correlações significativas com a morfologia antropogênica. Para o teste de correlações espaciais dos conteúdos cartografados, organizou-se uma tabela (**Tabela 1**) representando conteúdos da cartografia geomorfológica retrospectiva de média escala. Essas avaliações foram possíveis graças aos mapas sistematizados por Rodrigues e Batista (apud Rodrigues, 2004), que tratam



**Tabela 1 - MORFOLOGIA ORIGINAL E SEQUÊNCIA DE INTERVENÇÕES URBANAS NA METRÓPOLE PAULISTA**

UNIDADES MORFOLÓGICAS ORIGINAIS	EMBASAMENTO SEDIMENTAR				EMBASAMENTO CRISTALINO					
	PLANÍCIES DE INUNDAÇÃO		TERRAÇOS FLUVIAIS E COLINAS SEDIMENTARES		MORROS		SERRAS		ESCARPAS	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
ATÉ 1929	20,6	2,4	71,9	7,4	1,6	0,1	0,00	0,00	0,00	0,00
DE 1929 - 1962	211,2	24,2	417,9	42,7	328,3	5,9	6,7	1,4	0,41	0,77
DE 1963 - 1997	121,7	13,9	155,9	15,9	872,4	15,7	90,1	18,5	0,00	0,01
ÁREA TOTAL DE INTERVENÇÃO URBANA EM 1997	353,5	40,5	645,7	66%	1202,3	21,7	96,8	19,9	0,41	0,78
ÁREA TOTAL DAS UNIDADES	871,7	100,0	977,3	100,0	5580,8	100,0	487,5	100,0	53,5	100,00

FONTE : Rodrigues (2005)

Uma das possíveis leituras de mudanças que se pode obter por meio da cartografia da morfologia original e antropogênica, conforme se observa no mapa da Figura 1 e na Tabela 1, é a leitura da supressão, ao longo do tempo, dos sistemas e unidades hidro-geomorfológicas discerníveis nessa escala. Por meio dessa tabela foi possível, por exemplo, verificar os períodos em que a urbanização transgride os sistemas geomorfológicos de forma mais significativa, levando-se em consideração os indicadores de área da morfologia original e da morfologia antropogênica. É evidente, por exemplo, que as planícies de inundação originais começam a apresentar taxas significativas de supressão por ocupação urbana a partir principalmente da década de 1960, chegando a aproximadamente 40 % em 1997. As colinas sedimentares e terraços fluviais, áreas centrais da Bacia hidrográfica do Alto Tietê já apresentam taxas de supressão de aproximadamente 50% também a partir do início dessa década.

Apesar de esses dados exemplificarem apenas indicadores e parâmetros *morfológicos*, fica evidente seu potencial de correlação a dados de outra monta, como os dados de *processos*, a exemplo dos dados de vazão de pico ou de taxas de transporte (carga

sedimentar suspensa). Uma análise preliminar apontou para um aumento, no período, de mais de 300% na magnitude desses eventos fluviais extremos nos cursos fluviais de maior ordem. As diversas magnitudes de eventos extremos serão correlacionadas às diversas taxas de ocupação urbana, agregadas ou discriminadas por padrão de urbanização ao longo do tempo analisado, considerando as sub-bacias hidrográficas da BAT (Bacia Hidrográfica do Alto Tietê).

Os indicadores, leituras e interpretações potenciais aqui demonstrados serão objeto de estudos em escalas complementares e em diferentes níveis de agregação e discriminação, pois, correlações semelhantes, noutra ordem escalar espacial, revelam conteúdos da morfologia antropogênica não discerníveis na escala regional. Como exemplo, foi estudada a bacia hidrográfica do Ribeirão Guavirutuba, na margem esquerda do reservatório de Guarapiranga, em três escalas complementares. Para um período de aproximadamente 30 anos, foram realizados estudos nas escalas 1:10000 e 1: 25000 (Lima, 1990) e, para um período de aproximadamente cem anos, realizaram-se estudos na escala 1:5000 (Silva, 2005).

As mudanças observáveis e mensuráveis com a utilização desses procedimentos, indicadores e parâmetros, podem também revelar a importância relativa de atores sociais em diferentes fases da produção do espaço urbano e em diferentes fases da gestão territorial municipal ou metropolitana.

### ***Alguns resultados quantitativos sobre Processos Superficiais***

Como exemplo de estudos que aplicaram os procedimentos relatados, obtendo resultados significativos para indicadores de taxas de processos superficiais e indicadores para monitoramento das condições físicas da superfície, podem ser citados os estudos de Lima (1990) e Silva (2005). Ambos dedicaram-se à bacia hidrográfica do Ribeirão Guavirutuba, uma bacia de 3ª ordem contribuinte da margem esquerda do reservatório de Guarapiranga, no Município de São Paulo - SP. O primeiro deles propôs, dentre outras sugestões, que se identificassem e se considerassem diversos padrões físicos de apropriação urbana de forma associada aos padrões da morfologia original, resultando em padrões morfológicos complexos. Esses padrões urbanos complexos seriam o resultado físico da interação de determinados fatores físico-naturais e fatores sócio-econômicos da apropriação urbana. Sugere-se que as taxas e balanços de processos superficiais apresentam significativa correlação com esses padrões morfológicos, agora denominados *complexos*, pois combinam a morfologia original à morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais

(Rodrigues, 2005). Afirma-se, por exemplo, que os processos erosivos, dentre os quais estão os movimentos de massa e o escoamento superficial concentrado, foram mais frequentes e intensos no período estudado (1962 a 1987) nas combinações morfológicas complexas de loteamentos de classe pobre, em vertentes com padrões morfológicos originais de morrotes e na fase intermediária entre a implementação do loteamento e sua consolidação.

Silva (2005) realizou estudo comparativo utilizando-se da proposta metodológica de Rodrigues (2004), no qual considera cartograficamente a evolução morfológica de dois sistemas de remansos<sup>2</sup> e a evolução dos padrões de urbanização e de uso da terra suas respectivas bacias hidrográficas nas escalas espaciais 1:10.000 e 1:5.000 e para um período aproximado de cem anos. Utilizando-se de parte da pesquisa documental de Rodrigues (2001) e de técnicas de restituição cartográfica digital para a realização da cartografia geomorfológica retrospectiva, identificou e interpretou a evolução morfológica desses remansos para seis diferentes momentos de urbanização ao longo desse período. Como parte substancial dos resultados dessa pesquisa destaca-se a confirmação da importância do *padrão morfológico complexo* destacado por Lima (1990), como sendo o principal padrão área-fonte de sedimentos em bacias hidrográficas urbanas na região metropolitana. Confirmou-se, portanto, a necessidade de se considerarem os *padrões morfológicos complexos* com suas diferentes fases de consolidação como categorias ou conteúdos relevantes de mapeamentos em estudos dedicados à identificação e mensuração dos efeitos da urbanização em sistemas hidro-geomorfológicos.

Em Silva (2005) destaca-se também a comparação das taxas de assoreamento e colmatagem dos remansos das duas bacias hidrográficas similares, contribuintes do reservatório de Guarapiranga, com diferentes graus e padrões de ocupação urbana. Foram identificadas taxas de assoreamento e colmatagem sete vezes maiores para o remanso da bacia do Ribeirão Guavirutuba (Fig 2) comparativamente às taxas de evolução do remanso da bacia hidrográfica do Ribeirão Jaceguay.

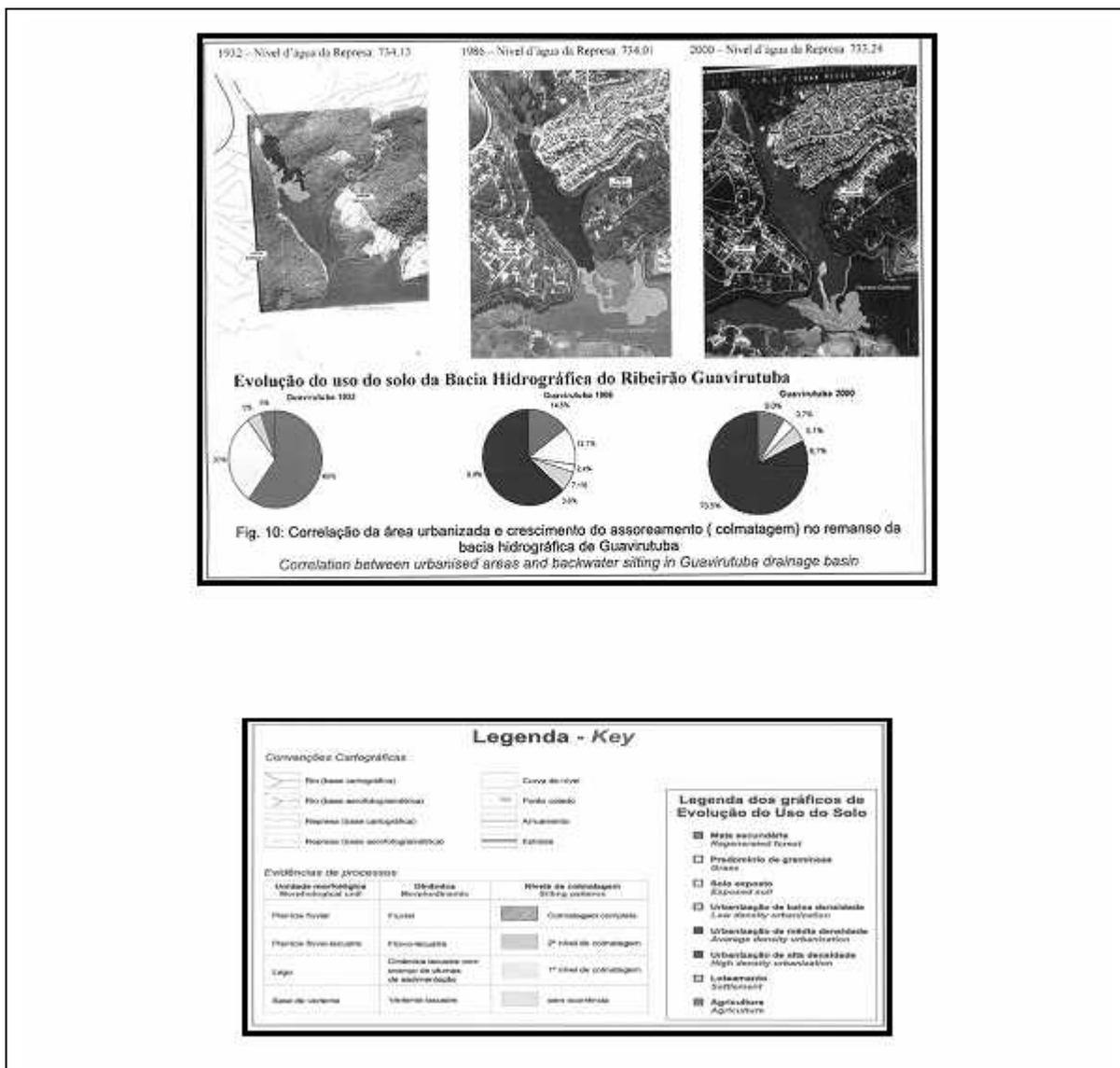
Esse é um dos exemplos da aplicabilidade da proposta metodológica quanto à identificação da magnitude das mudanças impostas pela urbanização, no caso, revelada pelas taxas de processos erosivos e de sedimentação. Isolando-se os parâmetros e indicadores de sistemas hidro-geomorfológicos comparáveis, a autora obteve resposta significativa dos efeitos da urbanização em taxas e balanços desses processos superficiais. Esse estudo também

---

<sup>2</sup> Áreas rasas, na retaguarda de reservatórios, em geral apresentando dinâmicas superficial variável entre lacustre, fluvio-lacustre e fluvial de canal e de planície de inundação

apresenta potencial para avaliação quantitativa dos diferentes níveis de efeitos que diferentes padrões de apropriação podem apresentar.

**Figura 2. Remanso do Ribeirão Guavirutuba**



Fonte: adap. de Silva, J.& Rodrigues, C. (2006)

A pesquisa arquivística de Carvalho (2005), voltada para a verificação da viabilidade do resgate de informações históricas sobre indicadores de mudanças, resultou em amplas listas ou instrumentos de pesquisa, organizados por tipo de indicador hidrogeomorfológico. Viabilizou a correlação espacial de indicador morfométrico “*seção transversal do canal principal da Bacia do Alto Tietê*” e obteve êxito na justaposição espacial, comparando-se a área da seção transversal do canal na região da ponte das Bandeiras

em dois momentos de um intervalo temporal de aproximadamente cem anos: 1894 e 2004<sup>3</sup>. Avaliando-se as duas áreas, é possível afirmar que a área da seção transversal aumentou artificialmente perto de 350% para poder abrigar as vazões extremas que, segundo análises posteriores de Rodrigues (2005), também sofreram um aumento de aproximadamente 300%. Esses dados permitirão correlações importantes com as taxas de impermeabilização das diversas sub-bacias hidrográficas da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, informações facilmente obtidas pelos mapas a serem gerados em pesquisas futuras.

### ***Sistematizando-se a metodologia: os indicadores***

Para exemplificar os resultados metodológicos que vem sendo gerados com essas pesquisas, apresenta-se uma das partes mais relevantes, o quadro dos *indicadores*, divulgado sinteticamente por ocasião do 32nd International Geological Congress, em agosto de 2004 (Rodrigues & Coltrinari 2004) atualmente mais desenvolvido e ampliado. O quadro é a sistematização dos parâmetros propostos para a leitura dos efeitos ou mudanças da intervenção urbana em sistemas geomorfológicos do meio tropical úmido voltado para a realidade da região metropolitana de São Paulo. É resultado obtido a partir de dois tipos de estudos de longo prazo: das revisões bibliográficas de recursos teórico-metodológicos nas áreas de Geografia Física, Geomorfologia Pura e Aplicada e do somatório dos estudos de caso na região metropolitana desenvolvidos à luz de princípios e procedimentos selecionados dessas revisões e de experiências com geomorfologia aplicada no Brasil. Como instrumento auxiliar para essa sistematização, realizou-se uma adaptação da proposta dos *geoindicadores*, iniciativa de grupo vinculado à IUGS (International Union of Geological Science), na qual são propostos indicadores para monitoramento de mudanças, ditas geológicas, e exclusivamente voltadas para sistemas geomorfológicos com alto nível de preservação. O quadro proposto inspira-se na objetividade proposta pela lista original, que apresenta parâmetros, indicadores e medidas principalmente para monitoramento de processos de ciclo curto (cem anos ou menos).

Essa adaptação propõe algo diferenciado, no sentido de que também incorpora a preocupação em definir parâmetros, indicadores e medidas para as ações e efeitos antrópicos nos sistemas geomorfológicos ou hidro-geomorfológicos. Está estruturado em parâmetros grupo e, por *tipo* (formas, materiais e processos, antropogênicos ou originais), por *escala* e por tipo de *sistema geomorfológico*, apresentando-se as respectivas unidades de medida e intervalos temporais recomendados para o monitoramento.

---

<sup>3</sup> Seção transversal de projeto.

Este quadro é resultado de tentativa de superação do problema de uma lista metodologicamente desarticulada de leituras e valorizações potenciais, tal como aparece na proposta inicial dos geoindicadores, principalmente para a discriminação do antrópico e seus efeitos em formas, materiais e processos. Ou seja, é lista metodologicamente construída para leituras quantitativas viáveis na ciência geomorfológica. O quadro que segue não é a íntegra do quadro construído, posto que apenas exemplifica apresentando apenas as primeiras páginas de cada conjunto de indicadores : morfológicos, dos materiais e dos processos.

## INDICADORES E INSTRUMENTAIS PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS E MUDANÇAS EM SISTEMAS HIDRO-GEOMORFOLÓGICOS URBANIZADOS.

- **SISTEMAS** : BACIAS HIDROGRÁFICAS ( **BH** ), CANAIS FLUVIAIS ( **CF** ), PLANÍCIES ( **P** )  
 PLANÍCIES DE INUNDAÇÃO( **PI** ) CONJUNTOS OU UNIDADES DE VERTENTES ( **CV, V** ) E INTERFLÚVIOS ( **I** ).  
 -**NATUREZA DO INDICADOR**: ORIGINAL OU PRÉ-ANTROPOGÊNICO = **O**/ ANTROPOGÊNICO= **A**.  
 - **ESCALA ESPACIAL DO INDICADOR**: MÉDIA =**M**; DE DETALHE=**D**.

### INDICADORES MORFOLÓGICOS

SISTEMA INDICADOR	NATUREZA /ESCALA	PARÂMETRO	MEDIDA	INSTRUMENTOS BÁSICOS
BACIAS HIDROGRÁFICAS	AO/MD.	ÁREA /forma/localização	-m <sup>2</sup> ou km <sup>2</sup> /década/ano/mês	CARTOGRAFIA (documentos antigos e recentes)
BACIAS HIDROGRÁFICAS	AOMD	-DENSIDADE DE DRENAGEM (DD)ou COEFICIENTE DE MANUTENÇÃO(CM)	-DD ou Co/década/ano/mês -Km/Km <sup>2</sup> -m <sup>2</sup> /m	CARTOGRAFIA (documentos antigos e recentes/aerofotos)
BACIAS HIDROGRÁFICAS	AOMD	-DIREÇÃO DE FLUXO	-Extensão Total/década/ano/mês	CARTOGRAFIA (documentos antigos e recentes/aerofotos)
PLANÍCIES	AOD	ÁREA/ALTITUDE/forma /localização	-m <sup>2</sup> ou km <sup>2</sup> /década/ano/mês m/ década/ ano/ mês	CARTOGRAFIA (documentos antigos e recentes/aerofotos) PERFIS topográficos antigos e recentes
PLANÍCIES DE INUNDAÇÃO	AOMD	ÁREA	-m <sup>2</sup> ou km <sup>2</sup> /década/ano/mês	CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA RETROSPECTIVA
PLANÍCIES DE INUNDAÇÃO	AOD	ALTITUDE	m/década/ ano/ mês	PERFIS topográficos antigos e recentes
CANAIS FLUVIAIS	AOMD	COMPRIMENTO	-m/km/década/ano/mês	CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA RETROSPECTIVA
CANAIS FLUVIAIS	AOMD	PADRÃO	m ou km/ano/mês/padrão	CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA RETROSPECTIVA
CANAIS FLUVIAIS	AOMD	DECLIVIDADE	m/h%/década/ano/mês	CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA RETROSPECTIVA e, relatórios técnicos.
CANAIS FLUVIAIS	AOD	LARGURA	m/década/ano/mês	“
CANAIS FLUVIAIS	AOD	SEÇÃO TRANSVERSAL	m <sup>2</sup> /década/ano/mês	RELATÓRIOS TÉCNICOS e levantamentos de CAMPO
CANAIS FLUVIAIS	AOD	PERFIS BATIMÉTRICOS	Perfis correlacionáveis/década/	TOPO-BATIMETRIA em documentos antigos e recentes. Levantamento

			ano	
CANAIS FLUVIAIS	AO/D	PROFUNDIDADES MÉDIAS	h/ano/década	TOPO-BATIMETRIA em documentos antigos e recentes. Levantamento
CONJUNTOS INTERFLUVIAIS E DE VERTENTES	AOM	ÁREA	Km <sup>2</sup> /década/ano/mês	CARTOGRAFIA GEOM/RETROSPECTIVA

**INDICADORES DOS MATERIAIS SUPERFICIAIS : FORMAÇÕES SUPERFICIAIS E SOLOS/USO FÍSICO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL**

INDICADO-RES	NATUREZA	PARÂMETROS	MEDIDAS	INSTRUMENTOS BÁSICOS
COBERTURA VEGETAL	AO /DM	ÁREA/sistema/tempo	m <sup>2</sup> /Km <sup>2</sup> /ano/década/	CARTOGRAFIA/Do-cumen-tos Antigos e recentes/Imagens de satélite/mosaicos/ campo
ÁREAS DESMATADAS	A/DM	ÁREA/sistema/tempo	m <sup>2</sup> /Km <sup>2</sup> /ano/década/	CARTOGRAFIA/ Documentos Antigos e recentes/Imagens de satélite/mosaicos/ campo
SOLOS ORIGINAIS	O/DM	ÁREA/sistema/tempo	m <sup>2</sup> /Km <sup>2</sup> /ano/década/	CARTOGRAFIA/Do-cumentos Antigos e recentes/Imagens de satélite/mosaicos/ Campo/dados pedológicos
SOLOS E FORMAÇÕES SUPERFICIAIS	AO/ DM	ÁREA/ sistema/PROPRIEDADES/volume/TEMPO  -propriedades MECÂNICAS  -propriedades HIDROLÓGICAS  -propriedades SEDIMENTOLÓGICAS E PEDOLÓGICAS  -propriedades ESTRATIGRÁFICAS	m <sup>2</sup> /km <sup>2</sup> /propriedades/m <sup>3</sup> /km <sup>3</sup> /sistema/ano/década  - Resistência. Compactação  -Porosidade. Permeabilidade. Compactação  Textura.Estrutura. Outras  Espessura.Descontinuidades .Outras	CARTOGRAFIA/Aerofotos/D ocumentos Antigos e recentes/Perfis/ Sondagens  Levantamento de Campo/ tradagens/ sondagens/testes  Ensaios  Análises Laboratoriais
SOLOS IMPERMEABILIZADOS	A/DM	ÁREA/tempo	Km <sup>2</sup> /mês/ano/década	CARTOGRAFIA/Documen-tos Antigos e recentes/Imagens de satélite/mosaicos/campo
ATERROS	A/DM	ÁREA/tempo	Km <sup>2</sup> /mês/ano/década	CARTOGRAFIA/Documen-tos Antigos e recentes/Imagens de satélite/mosaicos/ campo
SOLOS PERTURBADOS (superfícies expostas/cortes e terraplenagens)	A/DM	ÁREA/tempo	Km <sup>2</sup> /mês/ano/década	CARTOGRAFIA/Documen-tos Antigos e recentes/Imagens de satélite/mosaicos/campo
SUPERFÍCIES URBANIZADAS Contínuas	A/DM	ÁREA/padrão morfológico urbano/tempo	Km <sup>2</sup> /padrão/ mês/ ano/ década/	CARTOGRAFIA/Documen-tos Antigos e recentes/Imagens de satélite/mosaicos/ campo
SUPERFÍCIES URBANIZADAS Descontínuas	A/DM	ÁREA/padrão morfológico urbano/tempo	Km <sup>2</sup> /padrão/ mês/ ano/ década/	CARTOGRAFIA/Documen-tos Antigos e recentes/Imagens de satélite/mosaicos/campo

**INDICADORES DE PROCESSOS HIDRO-GEOMORFOLÓGICOS**

PROCESSOS ORIGINAIS OU PRÉ-INTERVENÇÃO (O) ANтропоГЭNICOS OU DERIVADOS (A)

INDICADOR-processo	NATUREZA	PARÂMETRO	MEDIDAS	INSTRUMENTOS BÁSICOS
Variabilidade do NÍVEL D'ÁGUA (originais / de operação de sistemas hidráulicos/de canais , planícies e reservatórios)	AO/D	- N.A/Número de eventos/tempo - N. A/Número de eventos/ÁREA alagada correspondente	-N/m/dia/mês/ano -m/N/área	Pesquisa Documental/dados de operação
REGIME FLUVIAL	AO/DM	VARIABILIDADE ANUAL DAS VAZÕES (inclui margens plenas e inundações)	m³/s /Vazões médias mensais /déca da/século	Pesquisa documental/ monitoramento
Frequência e Magnitude de VAZÕES FLUVIAIS EXTREMAS (originais/de operação de sistemas hidráulicos/canais e reservatórios)	AO/D	Número de eventos de VAZÕES EXTREMAS/magnitude/Tempo	N/M³/s/dia/mês/ano década	Pesquisa documental/ monitoramento
Variabilidade de VAZÕES de reservatórios e outros sistemas hidráulicos	A/D	NÚMERO de eventos/MAGNITUDE das VAZÕES/tempo	M³/s/década/ ano/ mês	Pesquisa documental/dados de operação
VAZÕES SÓLIDAS em fluxos fluviais e de vertentes	AO/D	VAZÕES SÓLIDAS/volume/tempo/sistema/ textura	M³/s/dia/mês/ano/déca da/	Pesquisa documental/ Monitoramento de Campo Análises Laboratoriais
BALANÇOS de TIPOS DE FLUXOS HÍDRICOS em sistemas fluviais e de vertentes	AO/D	-PARTICIPAÇÃO RELATIVA/TIPO de fluxo/tempo/área/sistema  -Participação relativa/TIPO de fluxo/TAXAS DE EROÇÃO correspondentes/tempo/sistema	-Percentuais/tipo/dia/mês/ano década/m²/km²/sistema -percentuais/tipo/m³/s/dia/mês/ano década/sistema	Monitoramento de Campo
Taxas de DESMATAMENTO	A/DM.	ÁREA/tempo	Km²/ano década	Cartografia/Documentos Antigos e Recentes/Aerofotos, Mosaicos/ Imagens de satélite
Frequência e Magnitude de INUNDAÇÕES	AO/DM.	NÚMERO de eventos/N.As e VAZÕES correspondentes/TEMPO de Duração e Frequência/Área/sistema ou localização/	m/número de eventos/hora/m³/ hora/dia/mês /ano/década/m³/ sistema	Cartografia Pesquisa documental e Monitoramento
Taxas e balanços de tipos de processos de EROÇÃO em VERTENTES .	AO/D	-VOLUME erodido/ processo/TEMPO. -ÁREA erodida/processo/TEMPO/ tipos de processos: escoamento superficial concentrado, difuso, movimentos de massa e outros. -FREQUÊNCIA/Número/tipo de evento/tempo	m³/hora/dia/mês/ano década/tipo de evento - m²;km² /tipo de processo/mês ano década-  N/tipo de processo/mês/ano/década	Cartografia, Pesquisa documental e Monitoramento

## **BIBLIOGRAFIA**

- Alameddine, N.; Rodrigues, C. (2006) Mapeamento de Unidades Morfológicas Complexas na Bacia do Ribeirão Pirajuçara (SP): Uma Proposta para Sistemas Geomorfológicos Antropizados. In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2006, Goiânia. **Anais do VI Simpósio Nacional de Geomorfologia.**
- Batista, S; Rodrigues, C. (2002) Evolução Urbana e Sistemas Geomorfológicos na RMSP: Enfoque cartográfico em escala média. In: **Anais do IV Simpósio Nacional de Geomorfologia**, 2002, São Luís. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia,.
- Carmo, W. (1998) **Avaliação da técnica de levantamentos de perfis para dimensionamento da ação antrópica em áreas de proteção aos mananciais. O bairro do Jusa em Guarapiranga.** Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Geografia) - Universidade de São Paulo.
- Carvalho, D.; Rodrigues, C. (2002) Ensaio de Cartografia Morfológica de Detalhe sob a Abordagem da Antropogeomorfologia. Bairro do Jardim Serrano (Ribeirão Pires - RMSP). In: IV Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2002, São Luis - MA. **Anais do IV Simpósio Nacional de Geomorfologia**, 2002. v. 2
- Carvalho, D. (2006) **Indicadores geomorfológicos de mudanças ambientais no sistema fluvial do Alto Tietê, município de São Paulo: pesquisa documental.** Dissertação (Mestrado em Geografia (Geografia Física)) - Universidade de São Paulo.
- Lima, C. R. (1990) **Urbanização e intervenções no meio físico na borda da bacia sedimentar de São Paulo. Uma abordagem geomorfológica.** Dissertação de Mestrado . São Paulo, FFLCH/USP.
- Nir,D. (1983) **Man, a geomorphological agent: an introduction to anthropic geomorphology.** Jerusalem, Ketem Pub. House.
- Rodrigues,C. (1997) **Geomorfologia Aplicada: Avaliação de experiências e de instrumentos de planejamento físico-territorial e ambiental brasileiros.** Tese de Doutorado apresentada à FFLCH-USP. São Paulo.

- Rodrigues, C. (1999) On Anthropogeomorphology. In: **Anais da Regional Conference on Geomorphology**, Rio de Janeiro. Anais da Regional Conference on Geomorphology. v. 1. p. 100-110.
- Rodrigues, C. (2004) **A urbanização da metrópole sob a perspectiva da Geomorfologia: Tributos a leituras Geográficas**. In: CARLOS, A. F; OLIVEIRA, A. U. de. (Org.). As Geografias de São Paulo. São Paulo: Contexto, , v. 1, p. 89-114.
- Rodrigues, C. (2005) Efeitos da Urbanização em Sistemas Geomorfológicos. O Exemplo de São Paulo - Brasil. In: X Encontro de Geógrafos da América Latina, 2005, São Paulo. **Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina**.
- Rodrigues, C.; Coltrinari, L. (2004) Geoindicators of Urbanization Effects in Humid Tropical Environment: São Paulo (Brazil) Metropolitan Area. In: 32nd International Geological Congress, 2004. **Proceedings of 32nd International Geological Congress**.
- Rodrigues, C. & Coltrinari, L. (2005) Urbanization and geomorphologic changes in humid tropical environment: methodological propose for Sao Paulo/Brazil. In: Sixth International Conference on Geomorphology, 2005, Zaragoza. **Proceedings of Sixth International Conference on Geomorphology**.
- Silva, J.& Rodrigues, C. (2006) Expansão Urbana e Evolução Geomorfológica em Remansos de Reservatórios: Análise Comparativa de Duas Bacias Hidrográficas em Guarapiranga, São Paulo. In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2006, Goiânia. **Anais do VI Simpósio Nacional de Geomorfologia**. .