



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

## **COMPLEXIDADE DA EROÇÃO FLUVIAL NO RIO MOGI-GUAÇU-SP/MG: INTERVENÇÃO ANTRÓPICA E/OU DINÂMICA NATURAL?**

André de Oliveira Souza<sup>(a)</sup>, Salvador Carpi Junior<sup>(b)</sup>, Luis Eduardo de Oliveira Muraro<sup>(c)</sup>

<sup>(a)</sup>Doutorando em Geografia, Instituto de Geociências, UNICAMP, [andreosouza@ige.unicamp.br](mailto:andreosouza@ige.unicamp.br)

<sup>(b)</sup>Laboratório de Geomorfologia e Análise Ambiental, Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, UNICAMP, [salvador@ige.unicamp.br](mailto:salvador@ige.unicamp.br)

<sup>(c)</sup>SME-SP – Secretaria Municipal de Educação da Prefeitura de São Paulo, SP

**Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais**

### **Resumo**

Na complexa dinâmica de sistemas fluviais meândricos, estão envolvidos diferentes aspectos naturais e antrópicos. As investigações concernentes a esse trabalho, partiram de questionamentos sobre a possibilidade de distinção entre processos erosivos agudos desencadeados por intervenções antrópicas, daqueles originados pela dinâmica fluvial intrínseca a sistemas meândricos. Foi investigado um trecho do rio Mogi-Guaçu, entre os municípios de Guataporá e Rincão, ambos localizados no estado de São Paulo. Foram utilizadas imagens pancromáticas do satélite CBERS 4 e imagens do satélite Landsat 8, as quais correspondem a um intervalo de tempo de 3 anos (2014, 2015 e 2016). Os resultados mostraram reentrâncias no talude dos baixos terraços, as quais apresentam importantes correlações com as áreas onde o índice NDVI apresentou mudanças significativas na vegetação. Contudo, um importante desafio seria



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

atestar com confiança se essas alterações estão diretamente vinculadas ao desmonte hidráulico dos taludes marginais, indicando grande complexidade de fatores envolvidos na dinâmica erosiva.

**Palavras chave:** Geomorfologia fluvial, Intervenções antrópicas, Erosão fluvial, Pseudo-equilíbrio

## 1. Introdução

O Rio Mogi-Guaçu, localizado nos estados de São Paulo e Minas Gerais, tem na sua dinâmica natural e nas suas intervenções antrópicas se constituído em objeto de inúmeros estudos, os quais vem sendo desenvolvidos principalmente nos últimos 20 anos. O destaque tem ocorrido nas questões sobre a erosão fluvial no rio Mogi-Guaçu, associada à sua dinâmica de meandramento e migração lateral do canal principal (e.g. Carpi Junior, 2001; Carpi Junior e Perez Filho, 2005; Zancopé e Perez Filho, 2006; Zancopé, Carpi Jr, Perez F<sup>o</sup>., 2009).

As alterações que as atividades antrópicas tem provocado nessa dinâmica fluvial ocorrem seja de forma direta no rio principal, seja de forma indireta no uso e manejo das terras na sua bacia hidrográfica. Recentemente, as atividades mineradoras de areias e calhaus do leito fluvial têm conduzido a questionamentos teóricos e metodológicos, quanto a contribuição dessas atividades no desencadeamento de erosões acentuadas nos taludes dos baixos terraços fluviais. Essas atividades, as quais ocorrem há algumas décadas, têm originado entraves e conflitos entre órgãos fiscalizadores e a iniciativa privada, resultando principalmente em ações jurídicas (Carpi Jr, 2016).

Abstendo a advocação sobre esse conflito, o presente trabalho partiu do seguinte questionamento: É possível distinguir processos erosivos agudos desencadeados por intervenções antrópicas, daqueles originados pela dinâmica fluvial intrínseca a sistemas meândricos?



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

## 2. Pressupostos teóricos

Dinâmicas fluviais são resultantes de processos e relações complexas, as quais ocorrem em múltiplas escalas e apresentam diferentes limiares de equilíbrio (Brunsdon e Thornes, 1979; Phillips, 2011). Fryirs (2017) sugere que interferências em uma ou mais dessas características, podem ocasionar desde simples readequações internas quanto alterar toda a característica primária do sistema. Neste último caso, resultando no estabelecendo de novos padrões de organização.

Canais fluviais meândricos, como os trechos analisados neste trabalho, podem apresentar complexas dinâmicas associadas a deslocamentos laterais e gênese de múltiplas formas geomórficas. Em ambientes naturais, ocorrem interações complexas envolvendo as planícies, as quais são frequentemente reguladas por um estado dinâmico de evolução da curvatura e auto-organização (Leopold et al. 1964; Schumm, 1985; Hooke, 2004; Morais et al. 2016). Contudo, atividades humanas como a remoção da cobertura florestal, mineração, reservatórios, silvicultura, agricultura e urbanização podem causar mudanças hidrossedimentares e ajustes morfológicos significativos (Gregory, 2006; Morais et al. 2016).

Nessa perspectiva, Phillips (2011) aborda que a noção de *steady-state equilibrium* (SSE) tem sido por longo tempo interpretado como uma condição normativa de sistemas geomorfológicos, mas que na verdade pode representar um ponto intermediário ao longo de um *continuum*, um limite superior ou ainda ser irrelevante em alguns sistemas. O autor propõe então, o conceito de “pseudo-equilíbrio” para explicar o comportamento dos sistemas geomorfológico ao longo do tempo e espaço.

Deste modo, os subsídios teóricos desse trabalho advêm da abordagem do autor supracitado, uma vez que é compreendido que ajustes fluviais podem não resultar em *steady state equilibrium*, mas em uma condição transitória ou simplesmente corresponder à característica intrínseca do sistema. Em adição, intervenções antrópicas e/ou naturais podem ser desencadeadores de respostas erosivas agudas na área estudada, apresentando reflexos em



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

diferentes escalas. Por outro lado, podem também ter resultado de perturbações em outros setores do canal principal e/ou da bacia hidrográfica em sua totalidade.

## 2. Materiais e Métodos

Os trechos analisados do rio Mogi-Guaçu estão localizados nos municípios paulistas de Rincão e Guatapar (Figura 1), no trecho apresentando uma grande planície de inundação que começa encaixada no bordo do rio e gradativamente vai alargando-se ao longo do mesmo, no sentido montante-jusante. O referido trecho apresenta sucessivas curvas inseridas em complexos cinturões meândricos, onde notam-se margens côncavas e convexas, cordões marginais convexas (*point bar*) e canais abandonados (Christofletti, 1980).

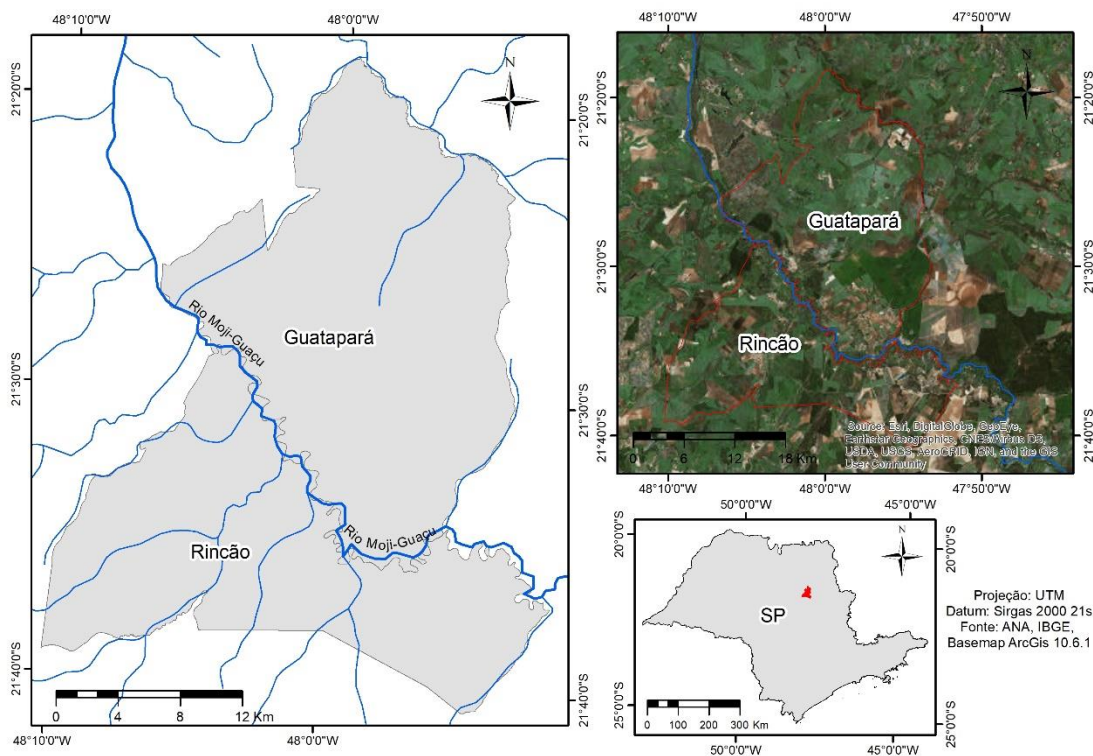


Figura 1: Localização da área de estudo.

Fonte: Org. pelos autores





XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

A abordagem metodológica utilizada teve como objetivo avaliar a erosão marginal por meio da análise da supressão da vegetação ciliar. A série temporal considerada foi de três anos (2014, 2015 e 2016), período em que ações de fiscalização sinalizou possíveis alterações geomorfológicas ocasionadas por intervenções antrópicas. Sendo assim, considerou-se que em virtude da série temporal ser relativamente curta, mudanças abruptas na cobertura vegetal poderia ser um indicativo de atuação antrópica. Complementado as análises laboratoriais, foram realizados trabalhos de campo nos dias 25 e 26 de julho do ano de 2016.

O mapeamento das feições erosivas acentuadas, foi realizado utilizando imagens pancromáticas do satélite CBERS 4 dos anos de 2014, 2015 e 2016. A resolução espacial das imagens é de 5 metros. Deste modo, por meio da interpretação das imagens foram delineados o canal fluvial e identificadas áreas com registros de intensa erosão marginal (reentrâncias acentuadas). A investigação das mudanças na composição vegetal das Áreas de Preservação Permanente, foram realizadas por meio do NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) gerados a partir de imagens Landsat 8 dos anos de 2014, 2015 e 2016 (ZANZARIN et al., 2013; WEIR e HERING, 2012). Importante destacar, que as imagens do satélite CBERS 4 não apresentaram boa qualidade devido à extensa cobertura de nuvens para o período abrangido por esse trabalho.

As delimitações das APP's seguiram as diretrizes do Art. 4 da Lei N° 12.651, de 25 de maio de 2012 (Novo Código Florestal) e foram realizadas por meio da criação de *buffers*. Finalmente, as áreas de APP's foram classificadas como Removida (cor vermelho), Parcialmente Removida (cor amarelo) e Preservada (cor verde). E em relação aos pontos de erosão, foram classificados como "Inconclusivo", aqueles que não apresentaram aparente relação direta dos processos erosivos com a supressão da vegetação; e "Interferência antrópica", aqueles os quais indicaram uma aparente interferência da mineração na dinâmica erosiva natural e conseqüentemente na supressão da vegetação por meio do desmonte de hidráulico e mecânico de taludes laterais.



XVIII  
SBGFA

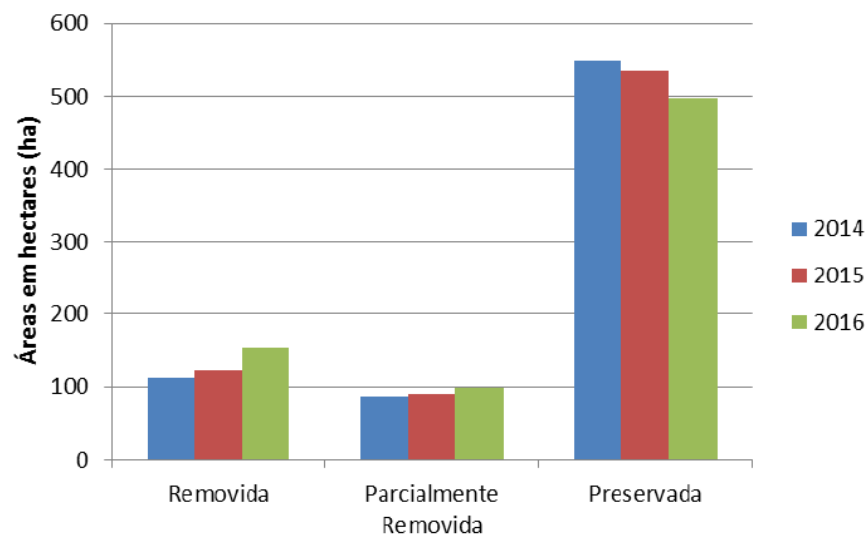
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

### 3. Resultados

Os resultados obtidos possibilitaram importantes considerações sobre a dinâmica erosiva e evolução da cobertura vegetal marginal ao longo do período estudado. Na Figura 2 é possível observar uma retração das áreas preservadas, ao passo que também aumentaram as áreas com vegetação parcialmente removida. Por outro lado, em alguns setores do trecho analisado são observadas significativa atuação de atividades de mineração de areia e cascalho do leito fluvial. Nesse sentido, as imagens de satélite mostraram reentrâncias no talude dos baixos terraços, as quais apresentam importantes correlações com as áreas onde o índice NDVI apresentou mudanças significativas na vegetação.



**Figura 2:** Quantidades de áreas com vegetação preservada, parcialmente removida e removida.

Fonte: Org. pelos autores

Nesta perspectiva, na Figura 3 é possível notar reentrâncias nos taludes das margens convexas onde são predominantes os processos deposicionais. Não obstante, também é verificado pouca alteração local das características das APP's, mas que no entorno, principalmente a jusante, há a manutenção (verde) ou diminuição das vegetações (amarelo



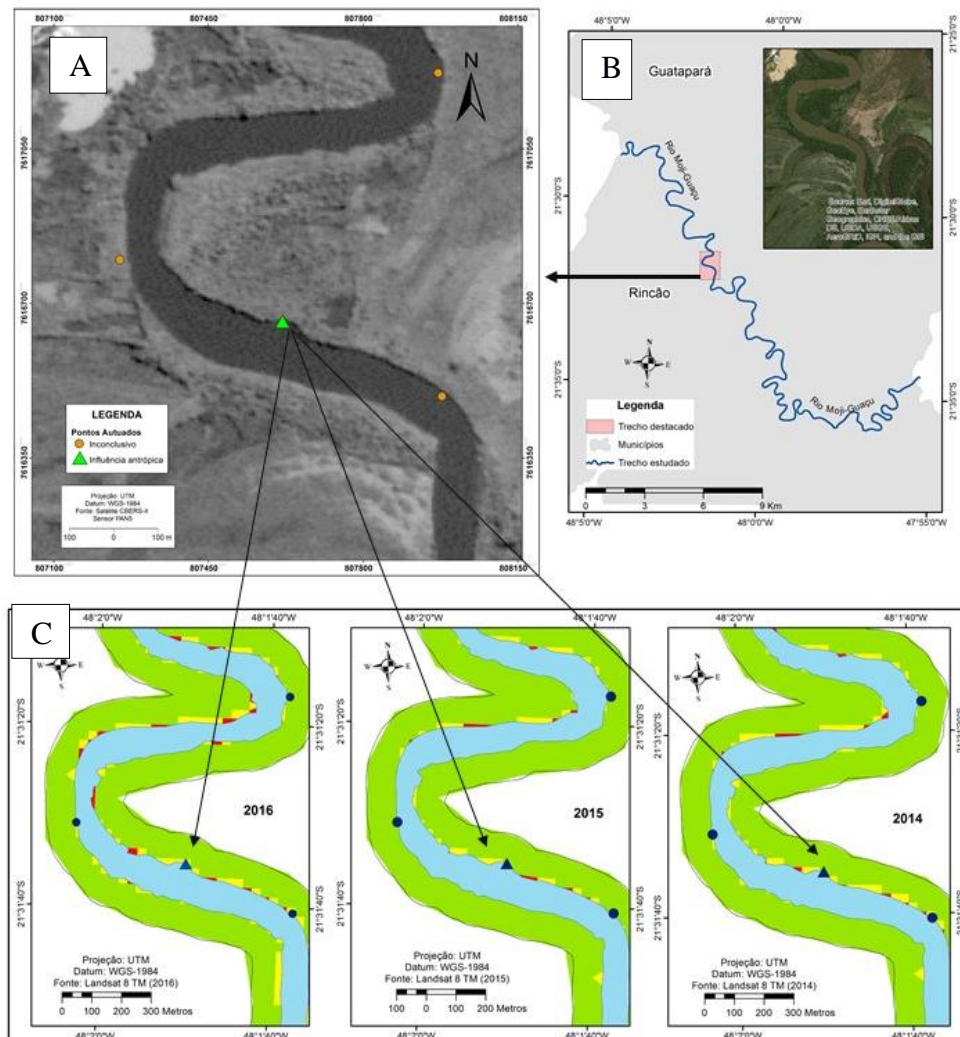
XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

e/ou vermelho). Assim, somando-se as características morfológicas e da dinâmica hidrossedimentar é possível inferir que a influência antrópica representada pela mineração se processou, mas que não foi o único agente modificador da dinâmica fluvial.



**Figura 3:** Feições erosivas e NDVI de um setor do trecho do rio Mogi-Guaçu. A) Imagem CBERS 4 pan cromática. B) Localização do trecho destacado. C) NDVI dos anos 2016, 2015 e 2014. Triângulos verde e azul: Possível influência antrópica. Círculos azul e laranja: Inconclusivo.

Fonte: Org. pelos autores



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

É possível observar na Figura 3 que nas proximidades da reentrância no baixo terraço (triângulo, Figura 3A), também ocorreram mudanças na vegetação marginal durante o intervalo de tempo considerado. Aspectos similares também foram notados, em outros trechos do canal fluvial analisados e, por estarem em margens côncavas, acredita-se que essas evidências de erosão acentuada correspondam a intervenções antrópicas associadas, principalmente, ao desmonte hidráulico e mecânico.

Contudo, no ponto assinalado com os triângulos observa-se que alterações nos valores do NDVI não foram significativas, embora em setores próximos a essa área sejam observadas mudanças relacionadas ao incremento e decréscimo de APP. Essa questão sugere que as respostas às possíveis intervenções antrópicas são espacialmente descontínuas, extremamente complexas, geradoras de pseudo-equilíbrios e podem repercutir em áreas próximas. Sobre essa questão, aventa-se a hipótese de que ocorram sobreposições das dinâmicas decorrentes de intervenções antrópicas com aquelas associadas aos processos internos do sistema. Morais et al. (2016), destaca que atividades antrópicas tem papel importante no desencadeamento de alguns processos fluviais, mas esses processos são guiados por fatores internos.

Por outro lado, essa discussão também conduz a questão relacionada à escala de análise dos processos e dinâmicas geomorfológicas. As mudanças espacialmente e temporalmente diversas em uma determinada área, depende de quais variáveis estão sendo analisadas e em alguns casos podem ocorrer sobreposições espaciais em termos de unidades de paisagem (Landforms Units Sensitivity), bacias hidrográficas (Catchment Sensitivity) e trechos de rios (Reach Sensitivity). Nesse estudo, os resultados sugerem que os episódios de erosão acentuada são decorrentes tanto de processos desencadeados pela mineração de areia e cascalho, quanto da própria dinâmica evolutiva de rios meândricos. Evidencia-se, portanto, grande complexidade de análise e diagnóstico da problemática aventada.





XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

#### **4. Conclusões**

Diante dos resultados apresentados, foi possível verificar alterações quantitativas e qualitativas nas Áreas de Preservação Permanente, indicando setores do rio onde houve a manutenção ou diminuição da vegetação. No entanto, em alguns setores do trecho analisado, não foi possível afirmar categoricamente se as alterações foram de cunho antrópico e/ou natural, embora seja provável a sobreposição em diferentes escalas de ambos os fatores. Destaca-se ainda, que em campo a complexidade dos processos erosivos que dinamizam o rio, mascaram aspectos que poderiam apresentar-se como indicativos importantes.

Nesse sentido, é possível que estudos em escala mais detalhada permitiriam avaliar de forma mais precisa o peso de cada fator (antrópico e natural) no desencadeamento de processos erosivos mais acentuados e, conseqüentemente, na dinâmica erosivo-deposicional fluvial. Contudo, as metodologias utilizadas possibilitaram tecer análises significativas sobre a problemática apontada nesse estudo, principalmente quanto a análise conjunta da interpretação de imagens do satélite CBERS-4 e a aplicação do índice NDVI.

Assim, o que se pode afirmar com absoluta certeza é que em alguns trechos a diminuição das APP's apresenta correspondência com as reentrâncias mais agudas observadas nas margens do Rio Mogi-Guaçu. Porém, um importante desafio seria atestar com confiança se essas alterações estão diretamente vinculadas ao desmonte hidráulico dos taludes marginais, indicando, sobremaneira, a complexidade de fatores envolvidos na dinâmica erosiva de rios com padrão de drenagem meândrico e, portanto, a necessidade da verticalização dos estudos sobre esta temática, detalhando as situações que foram verificadas nesse trabalho.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

## 5. Referências Bibliográficas

BRUNSDEN, D.; THORNES, J. B. Landscape Sensitivity and Change. **Transactions of the Institute of British Geographers**, v. 4, p. 463–484, 1979.

CARPI JUNIOR, S. **Processos erosivos, recursos hídricos e riscos ambientais na Bacia do Rio Mogi Guaçu**. Rio Claro, 2001. Tese (Doutorado – Geociências e Meio Ambiente) IGCE –Unesp. Disponível em: <http://profissaogeografo.blogspot.com.br/2016/09/processos-erosivos-riscos-ambientais-e.html?m=1>. Acesso em: 06 fev. 2019

CARPI JR., S. (coord.) Laudo ambiental sobre extração de areia e pedregulho no rio Mogi-Guaçu. Campinas, 2016. (Relatório técnico), 19 p.

CARPI JUNIOR, S.; PEREZ FILHO, A. Riscos ambientais na Bacia do Rio Mogi-Guaçu: proposta metodológica. **Geografia**, v.30, n. 2, mai./ago. 2005, p. 347- 364.

CHORLEY, R. J. Geomorphology and general systems theory. In: **U.S. Geol. Survey Prof. Paper**, (500-B): p.1-10. 1962.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 189 p.

DOWNS, P. W; GREGORY, K. J. The sensitivity of river channels in the landscape system. In: THOMAS, D. S. G; ALLISON, R. J. (EDS). **Landscape Sensitivity**. John Wiley & Sons: Chichester; 15–30, 1993.

FRYIRS, K. A, BRIERLEY, G. J. **Geomorphic Analysis of River Systems: An Approach to Reading the Landscape**. John Wiley & Sons: Chichester; 345 pp, 2013.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

FRYIRS, K. A. River sensitivity: a lost foundation concept in fluvial geomorphology. **Earth, Surface, Processes and Landforms**, v. 42, p. 55-70, 2017.

LEOPOLD, L. B.; WOLMAN, M. G.; MILLER, J. P. **Fluvial Processes in Geomorphology**. W.H. Freeman and Co.: San Francisco, CA; 544. 1964

PHILLIPS, J. D. Emergence and pseudo-equilibrium in geomorphology. **Geomorphology**, v. 132, p. 319–326, 2011.

SCHUMM, S. A. Patterns of alluvial rivers. **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**, v. 13, n. 1, p. 5-27, 1985.

ZANCOPE, M. H. C.; Perez Filho, A. Considerações a Respeito da Distribuição das Planícies Fluviais do Rio Mogi-Guaçu. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. Ano 7, n° 1, 2006.

ZANCOPE, M. H. C.; PEREZ FILHO, A.; CARPI JR., S. Anomalias no Perfil Longitudinal e Migração dos Meandros do Rio Mogi Guaçu. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. V. 10, n° 1, 2009.