



# NÍVEIS DE BASE NATURAIS E ANTROPOGÊNICOS NA BACIA DO RIO SÃO PEDRO (RJ): CONTRIBUIÇÕES AO ESTUDO DA CONECTIVIDADE FLUVIAL

Rafael Tavolari Moreira<sup>1</sup>  
Luis Henrique de Oliveira Trianon<sup>2</sup>  
Leonardo Oliveira da Silva<sup>3</sup>  
Gustavo Kiss Pinheiro Cabral<sup>4</sup>  
Mônica dos Santos Marçal<sup>5</sup>

## RESUMO

O nível de base é um conceito central na geomorfologia fluvial, representando o ponto em que a incisão de um rio tende a cessar. Pode ser final, quando atinge o nível mais baixo possível de erosão, ou local, quando há continuidade dos processos a jusante. Mudanças nesses níveis afetam diretamente a dinâmica erosiva e deposicional do sistema fluvial, com efeitos que se propagam tanto montante quanto a jusante. Ações humanas, como a construção de barragens e retificações de canais, podem alterar ou criar níveis de base locais, funcionando como bloqueios que modificam a transferência de fluxo e sedimentos na bacia. Esses bloqueios podem atuar como zonas de tampão ou barreiras, afetando a conectividade do sistema. A bacia do rio Macaé, na vertente atlântica da Serra do Mar, apresenta significativa interferência antrópica. Um de seus principais afluentes, o rio São Pedro, possui níveis de base locais relacionados tanto a rupturas naturais quanto a intervenções humanas, como a barragem da PCH Glicério e a retificação do canal, ambas do século XX. A pesquisa teve como objetivo identificar e analisar os níveis de base naturais e antrópicos ao longo do rio São Pedro, bem como discutir os impactos dessas intervenções na dinâmica fluvial. A metodologia envolveu a análise do perfil longitudinal do canal com base em Modelos Digitais de Elevação, imagens do Google Earth e observações de campo. Os resultados indicam que barragem e retificação atuam como bloqueios distintos, influenciando a dinâmica de transporte de sedimentos e gerando zonas de ajuste morfológico ao longo do canal.

## INTRODUÇÃO

A dinâmica fluvial vem sofrendo exponencialmente com a interferência antrópica na modificação da forma e dos processos de um rio, ao remover ou introduzir

---

<sup>1</sup> Graduando do Curso de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro - RJ, [tavolarirafael@gmail.com](mailto:tavolarirafael@gmail.com)

<sup>2</sup> Graduando do Curso de Geologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro - RJ, [luishenriquetrianon@gmail.com](mailto:luishenriquetrianon@gmail.com)

<sup>3</sup> Doutorando do Programa de Pós Graduação em Geografia (PPGG) na Universidade Federal do Rio de Janeiro - RJ, [leugeo25@gmail.com](mailto:leugeo25@gmail.com)

<sup>4</sup> Doutorando do Programa de Pós Graduação em Geografia (PPGG) na Universidade Federal do Rio de Janeiro - RJ, [kisspgc@gmail.com](mailto:kisspgc@gmail.com)

<sup>5</sup> Professora Titular do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro - RJ, [monicamarcal@igeo.ufrj.br](mailto:monicamarcal@igeo.ufrj.br)



novas feições na paisagem fluvial (Goudie, 1993; Gregory, 2006). A configuração de uma bacia hidrográfica é sistematicamente afetada por essas alterações, desencadeando diferentes respostas a diversos distúrbios em distintos compartimentos desse sistema.

Dessa maneira, essas interferências alteram a dinâmica sedimentar dentro de uma bacia hidrográfica, de forma a condicionar o modo como diferentes setores da paisagem fluvial funcionam no espaço, criando feições que podem segmentar e influenciar diretamente nos fluxos de água e sedimentos ao longo da bacia. Essa segmentação resulta da interação entre processos erosivos e deposicionais, que estruturam a conectividade entre os diversos compartimentos do sistema fluvial (Harvey, 2002; Brierley; Fryirs, 2005; Fryirs, 2013; Magalhães Jr; Barros, 2020).

A conectividade é um dos conceitos trabalhados pela Geomorfologia, a qual se refere à capacidade de transporte de matéria e energia dentro e entre diferentes compartimentos em uma bacia hidrográfica (Brierley; Fryirs, 2005). Os sistemas fluviais operam sob diferentes níveis de conectividade. Compreender esses níveis de conectividade pode ser uma importante ferramenta, uma vez que permite prever os efeitos das mudanças em diversas escalas temporais e espaciais, pois a conectividade influencia diretamente na propagação de instabilidades e na reorganização dos processos geomorfológicos (Fryirs, 2013; Magalhães Jr; Barros, 2020).

Os níveis de base podem ser interpretados como uma dessas feições que podem interferir na dinâmica sedimentar em uma bacia. Níveis de base são feições geomorfológicas caracterizadas por serem superfícies planas, ligeiramente inclinadas em que os processos erosivos fluviais tendem a cessar. Essas feições podem ser locais, quando os processos fluviais seguem a jusante, ou finais, onde está o nível mais baixo em que um rio consegue realizar os seus processos geomorfológicos (Charlton, 2007; Magalhães Jr; Barros, 2020; Bowman, 2023).

A distribuição dos níveis de base ao longo do perfil longitudinal apresenta-se como importantes controladores dos processos de erosão e sedimentação em diferentes trechos do canal. Essa segmentação de trechos ao longo do canal estabelece a abrangência espacial dos processos geomorfológicos, compreendendo zonas de ajuste geomorfológico ao longo do perfil longitudinal (Bowman, 2023).

Os bloqueios são feições geomorfológicas que podem impedir ou diminuir a transferência de água e sedimento em uma bacia hidrográfica, interferindo na conectividade da paisagem em um sistema hidrográfico. Segundo Brierley e Fryirs



(2007), os bloqueios podem ser classificados como zonas tampão (*buffers*), que impedem a entrada de sedimentos no sistema de drenagem e interferem na conectividade lateral, barreiras (*barriers*), formas as quais interferem na conectividade longitudinal do rio e zonas de cobertores (*blankets*) as quais podem interromper ou modificar essa transferência verticalmente, alterando a efetividade da bacia no transporte sedimentar. Os bloqueios naturais podem ser, planícies de inundações, depósitos de encostas, tributários preenchidos e níveis de base locais.

Segundo Fryirs et al. (2007), as intervenções humanas podem inserir feições que se comportam como bloqueios os quais podem impactar diretamente na conectividade de um sistema fluvial. As obras hidráulicas são responsáveis por mudarem a dinâmica geomorfológica em canais fluviais, que podem ter diferentes comportamentos tal como barragens, estradas e trechos de rios retificados e/ou canalizados (Fryirs et al., 2007; Fryirs, 2013; Brierley; Fryirs, 2006; Brierley; Fryirs, 2007). As barragens e reservatórios alteram a dinâmica geomorfológica de rios, gerando impactos no balanço da dinâmica erosiva e deposicional a montante e a jusante (Goudie, 1993). As obras de retificação de canais fluviais constituem intervenções que alteram o escoamento do fluxo de água e sedimentos, aumento da erosão das margens e a desconexão com a sua planície de inundação. (Brookes, 1988; Charlton, 2007).

As bacias hidrográficas localizadas no Norte Fluminense exemplificam como as intervenções antrópicas foram significativas para alteração da dinâmica geomorfológica da região. Originalmente, as vastas planícies do Norte do estado do Rio de Janeiro eram atravessadas por rios sinuosos que percorriam-nas até encontrar sua foz e desaguar no oceano (Soffiati, 2021). Já a partir do final da primeira metade do século XX, iniciaram-se inúmeras obras, como a construção de barragens, retificação de rios, desvios de canais, dentre outras, conduzidas pelo extinto Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS) (Soffiati, 2021).

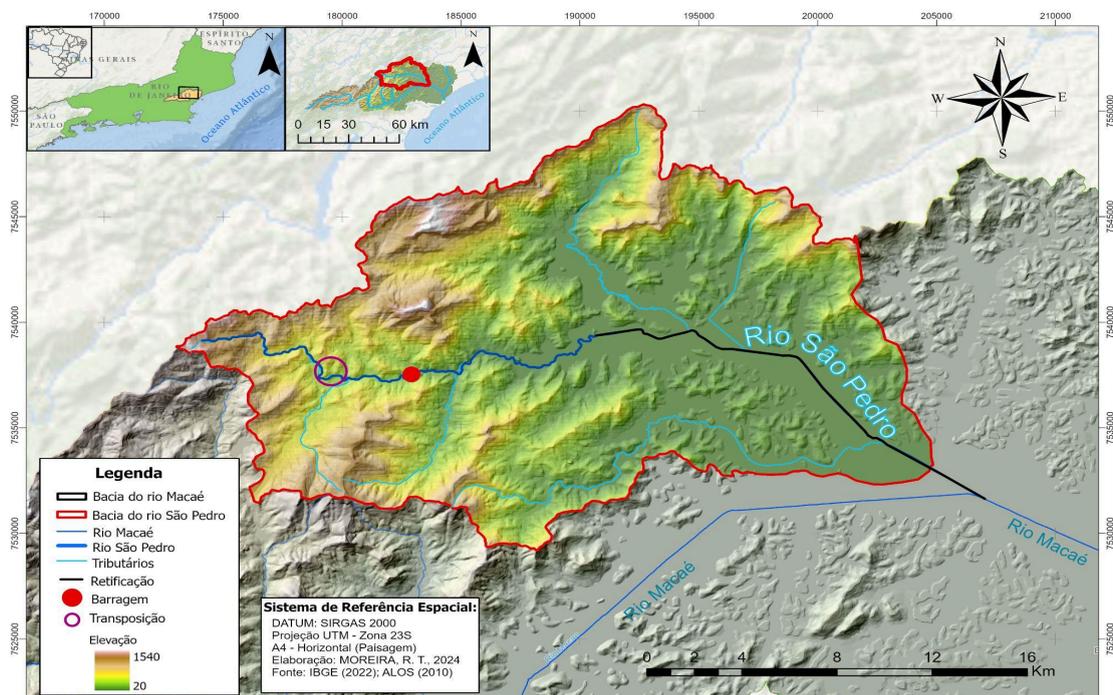
A bacia do rio Macaé é uma das bacias de norte fluminense que foram sujeitas a diferentes alterações imputadas pelo extinto DNOS ao longo do século XX. A partir da década de 1940 grande parte da rede de drenagem em sua planície foi retificada (Assumpção; Marçal, 2012), além da presença de outras intervenções, como a transposição, barragens e barramentos em seus principais afluentes, que podem ter alterado a dinâmica longitudinal dos canais.

A pesquisa objetiva analisar os níveis de base naturais e antrópicos do rio São Pedro - principal afluente pela margem esquerda do rio Macaé – discutindo as respostas frente às intervenções antropogênicas e seu papel na constituição de novos bloqueios e consequências para a dinâmica fluvial.

## ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo do trabalho é a bacia do rio São Pedro, uma sub-bacia do rio Macaé. É o principal afluente pela margem esquerda, com cerca de 484 km<sup>2</sup>, e 42 km de extensão, a qual apresenta uma diversidade de níveis de base locais e rupturas naturais em função de características litológicas estruturais regionais e também intervenções hidráulicas, como reservatórios, barragens, retificações e transposições, características comuns nas bacias do Norte Fluminense da vertente atlântica da Serra do Mar (figura 1).

**Figura 1:** Mapa de Localização da bacia do Rio São Pedro e suas obras hidráulicas.



**Fonte:** Elaboração própria.

A bacia do São Pedro, é uma área caracterizada por um longo processo de desmatamento para atender a diversas atividades da sociedade que remontam ao período colonial, onde o café e a cana de açúcar deram espaço, atualmente, às atividades de



pecuária de corte e leite, além de outras atividades secundárias voltadas para atender a indústria do petróleo com sede na cidade de Macaé, a 50 quilômetros do distrito de Glicério.

## **METODOLOGIA**

A primeira etapa desta pesquisa consistiu na identificação dos níveis de base locais antropogênicos e naturais a partir da construção do perfil longitudinal do rio São Pedro. O perfil foi construído com base no modelo digital de elevação *Alos Palsar*, do ano de 2011, com resolução espacial aproximada de 12,5 metros, o qual foi obtido por meio da plataforma *Nasa Earth Data*. O Modelo Digital de elevação passou por pré-processamento por meio da função *Fill* e a construção do perfil foi processada e elaborada com auxílio do *software Arcgis*, por meio da função *Stack Profile*.

A identificação dos níveis de base se deu por meio da interpretação visual de rupturas no perfil longitudinal seguindo alguns princípios discutidos em Bowman (2023). A distinção entre níveis de base naturais e antropogênicos foi feita a partir de duas etapas: (1) levantamento de intervenções prévias no rio São Pedro e (2) confirmação a partir de imagens de satélite do *Google Earth* e trabalhos de campo.

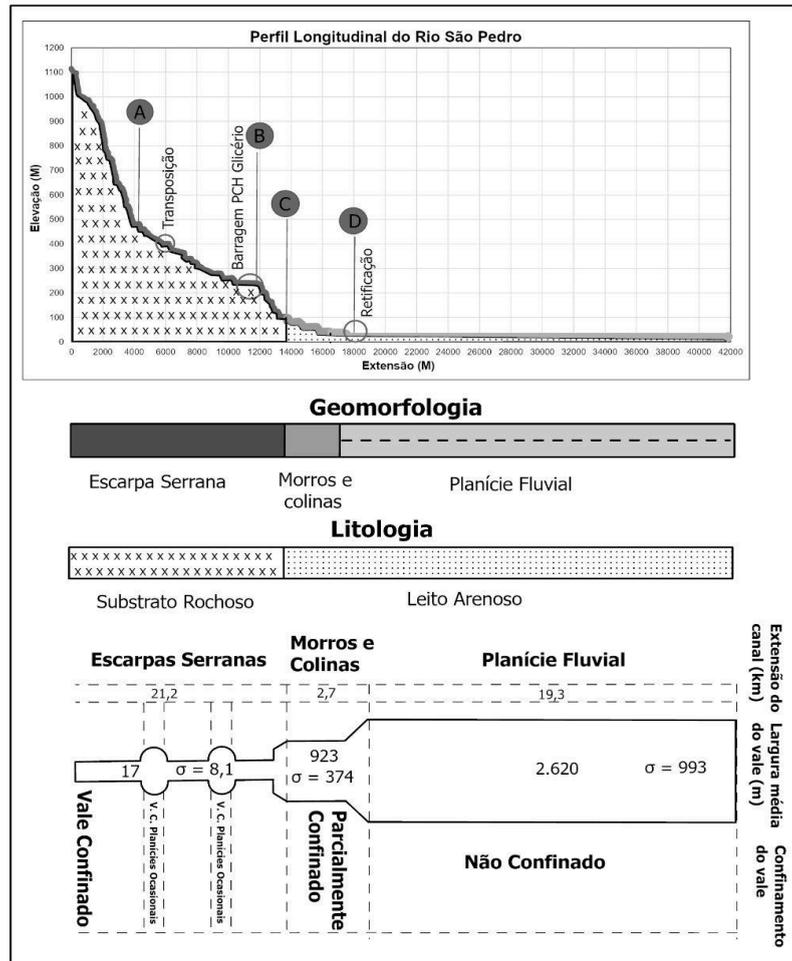
A discussão dos efeitos relacionados aos níveis de base foram baseados nos conceitos de bloqueios geomorfológicos discutidos por (Brierley; Fryirs, 2005; Brierley; Fryirs, 2006; Fryirs, 2007; Fryirs, 2013) em conjunto com o debate sobre as eventuais alterações relacionadas às intervenções hidráulicas e dinâmica de ajuste morfológico local (Assumpção, Marçal, 2012; Goudie, 2016; Cabral; Marçal, 2025) presentes na bacia.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A partir da análise do perfil longitudinal do rio São Pedro (Figura 2), é possível observar um sequenciamento de níveis de base locais desde a sua cabeceira até o seu nível final. Tais feições podem ser identificadas por um pequeno nivelamento no perfil, seguido de rupturas, que são as chamadas rupturas de declive ou *knickpoints* (Bowman, 2023). As letras A, B, C e D são exemplos de como esses níveis de base podem ser

identificados no perfil longitudinal e associados à litologia e ao compartimento geomorfológico correspondente.

**Figura 2:** Perfil Longitudinal do rio São Pedro, considerando os domínios geomorfológicos; a litologia e a largura do canal em relação ao confinamento do seu vale.



**Fonte:** Elaborada pelos autores.

O primeiro nível de base local (A) é um nível de base natural e está inserido no compartimento das escarpas serranas, marcando a diminuição da declividade, onde a montante caracterizam-se pela ocorrência de vales estreitos e confinados em rios de cabeceiras de drenagem e a jusante com ocasionais alargamentos do vale e presença de planícies fluviais ocasionais.

O segundo nível de base (B), ainda no alto curso, no domínio geomorfológico de escarpas serranas, é um trecho em que o embasamento é rochoso e está controlado por uma intervenção antrópica, a barragem PCH Glicério, sendo considerado um nível de base antropicamente inserido. Além dessa intervenção, que se comporta como um nível



de base antrópico, neste mesmo trecho, há a transposição das águas do rio Macabu, situado na bacia vizinha, para o rio São Pedro.

O terceiro nível de base (C) está situado em uma zona de transição, entre o domínio Serrano e os segmentos de morros e colinas em direção às planícies a jusante, que apresenta dois tipos de embasamento, um caracterizado pelo controle rochoso e outro arenoso. Este trecho é onde estão localizados os meandros arenosos, em que a largura geral do vale é maior, tendo trechos caracterizados por serem parcialmente confinados e não confinados.

O quarto nível de base (D) representa o último nível de base local antes do final – a foz do rio Macaé no oceano Atlântico – situado no domínio das planícies fluvio marinhas, possivelmente originado a partir da obra de retificação quando o leito do rio foi aprofundado (Cabral; Marçal, 2025).

Nesse cenário, é relevante pontuar a diversidade de níveis de base no perfil longitudinal do Rio São Pedro. Considerando a existência de dois níveis de base antropicamente introduzidos – a barragem e a retificação, em dois domínios geomorfológicos distintos – é plausível a compreensão de que cada um deles terá diferentes comportamentos frente à dinâmica sedimentar do rio. Do ponto de vista da conectividade, tais intervenções podem comportar-se como bloqueios na paisagem fluvial, visto que impedem o fluxo de água e sedimento entre setores na bacia. A barragem tende a aprisionar os sedimentos no trecho a montante dela, o que explica a formação de uma planície de inundação com barras arenosas geradas pelo acúmulo sedimentar. Tal feição comporta-se como uma barreira, impedindo a transferência de matéria e energia longitudinalmente.

Pode-se verificar que no ponto B, onde está localizada a barragem PCH Glicério, uma superfície pronunciada, comparada aos outros níveis de base no mesmo trecho. Apesar de naturalmente ser um nível de base local do canal, a intervenção alterou a morfologia e os processos geomorfológicos do trecho, uma vez que originalmente é uma área de leito rochoso, com pouca deposição, e maior transporte. Com a introdução da barragem, formou-se uma área de planície ocasional, com barras arenosas e alta sedimentação, logo a montante da barragem.

A retificação no baixo curso do rio desconecta o canal de sua planície de inundação. A água e sedimentos que antes eram dissipados em eventos de inundações ou chuva na planície, agora são levados a jusante do canal ou para dentro dele. Essa

feição introduzida também acarreta um outro tipo processo denominado “*booster*”, em que se intensifica os processos de transporte longitudinal dos sedimentos em função das mudanças do padrão transversal do canal (Cabral; Marçal, 2025). A retificação, quando vista do perfil longitudinal, não apresenta necessariamente rupturas ou grandes declividades associadas. Apesar disso, considerando a natureza da intervenção, a retificação envolve o alargamento e aprofundamento do canal, o que alterou a natureza longitudinal de todo segmento (Cabral; Marçal, 2025). Assim, o ponto D (Figura 2), seria o início da retificação em que foi gerado uma possível nova ruptura longitudinal ou um nível base local (Brookes, 1988; Cabral; Marçal, 2025).

A tabela 1 apresenta uma classificação de feições relacionadas aos níveis de base, destacando diferentes atributos como sua natureza, definição, como podemos interpretá-lá do ponto de vista da conectividade, além de alguns processos geomorfológicos esperados.

**Tabela 1:** Classificação das feições e os seus tipos de bloqueios.

Tipo de Feição	Natureza da Feição	Definição	Tipo de Bloqueio/Booster	Descrição (Comportamento)
Retificação do canal	Antrópica	Intervenção antrópica em canais fluviais feitas para controle de enchentes, drenagem de terras e prevenção de erosão (Brookes, 1988) em que os rios são artificialmente modificados na sua forma através do aprofundamento ou alargamento da calha fluvial e da retirada de seus meandros tornando o seu leito mais retilíneo (Keller, 1978; Brookes, 1985).	Zona de Tampão( <i>Buffer</i> ) / <i>Booster</i>	Zona de Tampão: interrompe a conectividade lateral do sistema, reduzindo a capacidade do sistema de interagir lateralmente com as planícies de inundação, isolando compartimentos da paisagem e impedindo o intercâmbio de sedimentos entre margens, encostas e o leito do rio (Brierley; Fryirs, 2007). <i>Booster</i> : Aumenta-se a velocidade do fluxo e erodindo o leito e as margens, intensificando a transferência de água e sedimento (Brierley; Fryirs; Jain; 2006).
Barragem	Antrópica	Estrutura artificial construída transversalmente ao curso do rio, com o objetivo principal de reter, regular ou desviar o fluxo de água, alterando o regime hidrossedimentológico (Cunha, 1995).	Barreira ( <i>Barriers</i> )	Retarda a continuidade hidrológica no sistema longitudinalmente, interrompendo o fluxo natural de sedimentos e água ao longo do canal. Cria-se, assim um novo nível de base local, do ponto de vista longitudinal, induzindo uma maior sedimentação a montante (Brierley; Fryirs, 2007).
Níveis de Base Locais	Naturais/ Antrópicos	Superfícies planas, ligeiramente inclinadas em que os processos erosivos fluviais tendem a cessar e a deposição é predominante, segmentando zonas de ajuste, as quais estão condicionadas às flutuações dos níveis de base (Bowman, 2023)	Barreira ( <i>Barriers</i> )	Aprisionam sedimentos no trecho a montante, tendendo a impedir a transferência de matéria e energia a jusante (Schumm, 1993; Bowman, 2023).

**Fonte:** Elaborada pelos autores.

A ocorrência de trechos situados entre níveis de base naturais e antropogênicos – Barragem e retificação – expressa a complexidade da investigação dos ajustes e características da conectividade longitudinal do rio São Pedro.

Parte da discussão deriva da importância que os níveis de base naturais já exercem do ponto de vista do condicionamento de determinados trechos e processo geomorfológicos, que ganha uma ressignificação em função dos níveis de base



antropogênico que podem possuir dinâmicas próprias diante de um mesmo contexto geomorfológico – a exemplo de barragens nos domínios serranos onde apresentam rupturas naturais. Em complemento, a leitura do papel dessas feições na dinâmica da conectividade dos sistemas permite uma compreensão mais ampla e sintética dos possíveis efeitos geomorfológicos associados. Além disso, níveis de base antropogênicos podem atuar de diferentes formas na conectividade fluvial, o que reforça a importância de considerar a localização e o contexto dos diferentes tipos de interferências.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos níveis de base naturais e antropogênicos na bacia do rio São Pedro evidenciou o papel desses elementos como importantes controladores de drenagem e da dinâmica longitudinal do sistema fluvial. Por apresentarem uma tendência à retenção de sedimentos, tais feições podem se comportar como bloqueios geomorfológicos, afetando o transporte de água e sedimentos em uma bacia, interferindo na conectividade fluvial do sistema. Essa contingência ainda pode ser agravada pela inserção de obras hidráulicas que interferem diretamente no fluxo do rio, que podem se comportar como bloqueios e impulsionadores (*boosters*) na rede de drenagem.

O presente trabalho interpretou os níveis de base como importantes feições geomorfológicas que controlam os processos de erosão, transporte e deposição em uma bacia hidrográfica, no ponto de vista longitudinal, incorporando os antrópicos para uma análise mais coerente, compreendendo que estes moldam a paisagem assim como os naturais. No entanto, ressalta-se a necessidade de aprofundamento na validação dessas feições a partir de observações de campo mais sistemáticas, por meio de drones/VANTs, para que se tenha maior precisão e refinamento desses elementos na paisagem.

**Palavras-chave:** bloqueios antropogênicos, intervenções hidráulicas, níveis de base, perfil longitudinal.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Edital Universal processo nº 405979/2021-5. À Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), edital (APQ1-2023), processo nº SEI-260003/006171/2024

## REFERÊNCIAS



- ASSUMPÇÃO, A. P.; MARÇAL, M. S. Retificação dos canais fluviais e mudanças geomorfológicas na planície do Rio Macaé (RJ). *Revista de Geografia (UFPE)*, Vol. 29, n. 3, 2012.
- BOWMAN, D. *Base-level Impact: A Geomorphic Approach*. Chichester: Springer, 2023. 154 p.
- BRIERLEY, Gary; FRYIRS, Kirstie; JAIN, Vikrant. Landscape connectivity: the geographic basis of geomorphic applications. *Area*, v. 38, n. 2, p. 165-174, 2006.
- FRYIRS, Kirstie A. et al. Buffers, barriers and blankets: The (dis) connectivity of catchment-scale sediment cascades. *Catena*, v. 70, n. 1, p. 49-67, 2007a.
- CABRAL, G. K. P.; MARÇAL, M. S. Rivers channelization and the (dis)continuous geomorphological effects on the fluvial system of the Macaé River - RJ. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 26, n. 2, 2025.
- FRYIRS, K. A.; BRIERLEY, G. J.; PRESTON, N. J.; SPENCER, J. Catchment-scale (Dis)connectivity in Sediment Flux in the Upper Hunter Catchment, New South Wales, Australia. *Geomorphology*, v. 89, p. 297-316, New South Wales, 2007b.
- Fryirs, K.A. (Dis) connectivity in catchment sediment cascades: a fresh look at the sediment delivery problem. *Earth Surface Processes and Landforms*, v. 38, p. 30-46, 2013.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). *Base cartográfica contínua do estado do Rio de Janeiro. Escala 1:25.000*. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.
- GOUDIE, A. S. *The human impact on the natural environment*. 4. ed. Chichester: Wiley-Blackwell, 1993.
- GREGORY, K. J. The human role in changing river channels. *Geomorphology*. Vol 79, (3-4), p.172-191, 2006.
- HARVEY, A.M. Effective timescales of coupling within fluvial systems. *Geomorphology*. V. 44, p. 175-201, 2002.
- KELLER, E.A. (1978). Pools, riffles and channelization. *Environmental Geology*, 2: p. 119-127.
- LEOPOLD, L. B; BULL, W, B. Base Level, Aggradation, and Grade. *Proceedings of the American Philosophical Society* Vol. 123, (3), p. 168-202, 1979.
- MARÇAL, M. S.; BRIERLEY, G.; LIMA, R. Using geomorphic understanding of catchment-scale process relationships to support the management of river futures: Macaé Basin, Brazil. *Applied Geography*, v. 84, p. 23-41, 2017.
- SCHUMM, S. A. River Response to Base Level Change: Implications for Sequence Stratigraphy. *The Journal of Geology*. Vol. 101, (2), 100th Anniversary Symposium: Evolution of the Earth's Surface, pp. 279-294, 1993.
- SOFFIATI, A. A grande transformação da planície do norte do Rio de Janeiro (1933-1990). *Ambientes*, v. 3, n. 1, p. 151-189, 2021.