

15º SIMPÓSIO NACIONAL DE

GEOMORFOLOGIA

ANÁLISE GEOMORFOLOGICA E ESTRATIGRÁFICA EM DEPOSITOS FLUVIAIS NA BACIA DO RIO MACAÉ (RJ).

Leonardo Oliveira da Silva ¹
Mônica dos Santos Marçal ²

RESUMO

A evolução da margem continental do Sudeste do Brasil está associada à tectônica mesozóico-cenozóica relacionada à separação da América do Sul-África e a formação de margens passivas e abertura do Atlântico Sul. Os movimentos epirogenéticos entre o período de 89 m.a e 60 m.a deram origem a blocos crustais basculados como as atuais serras do Mar e da Mantiqueira, alinhadas paralelas a linha de costa ao longo de vários estados do sudeste brasileiro. No estado do Rio de Janeiro, importantes rios nascem na serra do Mar e desaguam tanto para o interior do continente como para a vertente atlântica, como é o caso do rio Macaé, que tem cerca de 136 Km. No seu alto curso predominam rochas gnáissicas com bolsões graníticos, no médio curso há a predominância do Granito Sana. Já no médio-baixo curso da bacia do Rio Macaé predominam depósitos de rochas sedimentares de idade neogênica e quaternária com relevos de colinas e planícies de inundação. Nessas áreas, o canal principal e vários tributários caracterizados pelo Estilo Fluvial não confinado, canal meandrante e leito arenoso, apresentam ajuste lateral e vertical há pelo menos 60 anos. A exposição de depósito sedimentar fluvial pode contribuir para compreensão da trajetória de ajuste desse sistema fluvial ao longo do Quaternário. Este trabalho tem como objetivo apresentar a caracterização geomorfológica e estratigráfica de um depósito fluvial localizado na planície fluvial da bacia do Rio São Pedro, maior afluente do Rio Macaé. O depósito corresponde a um terraço fluvial com desnível aproximado de 7,5 metros em relação ao canal, com três padrões de sedimentação. A partir da base com camadas de areia muito fina com elevado conteúdo de matéria orgânica, intercaladas com camadas arenosas, sucedidas por camadas de conglomerados finos a grossos, e sucedida por camadas de cascalho inconsolidado intercaladas com camadas arenosas.

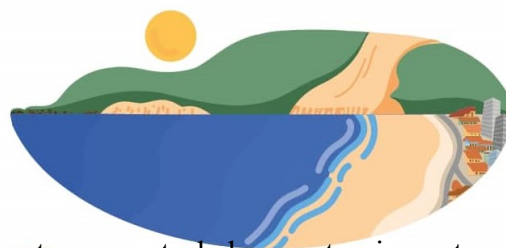
Palavras-chave: geomorfologia fluvial; planície fluvial; estratigrafia fluvial; sedimentologia fluvial.

INTRODUÇÃO

A análise da trajetória evolutiva da conectividade em um sistema fluvial é fundamental para compreensão das relações genéticas e dos processos entre as morfologias, para a construção de cenários de comportamento e mudanças pretéritas,

¹ Doutorando em Geografia/Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPGG-UFRJ), leugeo25@gmail.com

² Professora Titular/ Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPGG-UFRJ), monicamarcal@gmail.com.



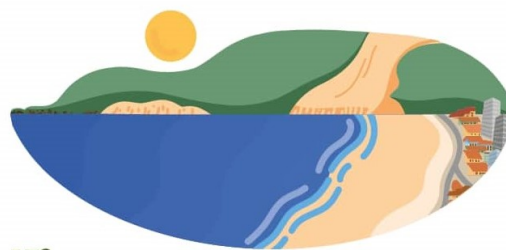
atuais e perspectivas de variação futura frente aos controladores naturais e antropogênicos (Harvey, 2002; Fryirs et al., 2007; Wohl et al., 2019).

A análise geomorfológica e estratigráfica de depósitos fluviais constitui importante abordagem à reconstituição da trajetória evolutiva da conectividade em sistemas fluviais em diferentes contextos ambientais (Marçal et al., 2015; Fryirs et al., 2022; Tavares, et al., 2024). A complexidade na análise dos depósitos fluviais está ligada ao caráter não-linear das respostas dos sistemas fluviais às mudanças na conectividade, bem como a sua relação com o papel dos controladores externos, a predominância e/ou atuação combinada de diferentes controladores (Veldkamp et al., 2017).

Nos ambientes tropicais úmidos do Sudeste do Brasil, em áreas continentais como o médio Vale do Paraíba do Sul, a sedimentação Quaternária tem sido abordada a partir do arcabouço teórico-metodológico que associa morfoestratigrafia e aloestratigrafia. A interpretação da dinâmica evolutiva da paisagem tem se dado com base nas rampas de colúvio, os complexos de rampas, e os terraços fluviais de acumulação, associada à deposição de materiais coluviais e aluviais, respectivamente, trazendo importantes informações ligadas às fases de entulhamento e retrabalhamento das vertentes e vales (Moura; Mello, 1991; Moura et al., 1991).

Contudo, na vertente atlântica da Serra do Mar, são poucos os estudos que trabalham a evolução Quaternária e análise morfoestratigráfica de sistemas fluviais (Kirchner et al., 2015; Marçal et al., 2015; Paz; Paula, 2022). Na vertente atlântica da Serra do Mar no Estado do Rio de Janeiro, especialmente na região Norte Fluminense, o trabalho de Marçal et al. (2015) realizou análises morfoestratigráficas de depósitos fluviais nas bacias do Rio Macaé. No alto curso da bacia do rio Macaé foram identificados três níveis de terraços, datados do pleistoceno tardio. Levantamentos e análises complementares em depósitos fluviais em diferentes compartimentos geomorfológicos e tributários são necessários para uma melhor compreensão da trajetória evolutiva quaternária da conectividade.

Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo apresentar a caracterização geomorfológica e estratigráfica de um depósito fluvial localizado na planície fluvial da bacia Rio Macaé, situado na bacia do Rio São Pedro, maior tributário do Rio Macaé.



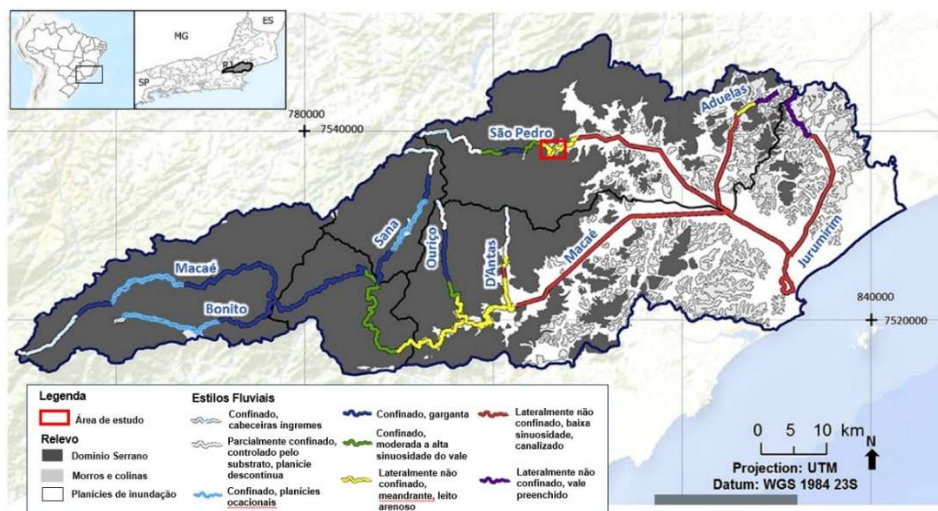
15º SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA

ÁREA DE ESTUDO

A Bacia do rio Macaé (Figura 1) está localizada na região Norte Fluminense, possui área aproximada de 1.700 km². O seu rio principal possui aproximadamente 140km de extensão, nasce a cerca de 1.660m de altitude no Parque Estadual dos Três Picos, localizado no município de Nova Friburgo – RJ, na área de proteção ambiental Macaé de Cima. A foz está localizada na cidade de Macaé – RJ, onde deságua no Oceano Atlântico.

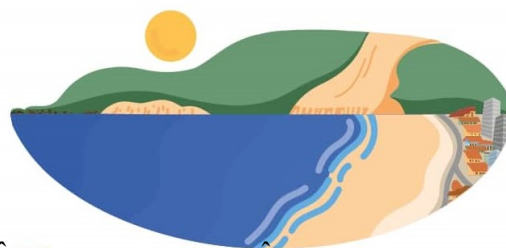
A bacia está compreendida em três grandes conjuntos morfológicos: a região das escarpas da Serra do Mar, a região dos Maciços Costeiros, com serras isoladas e morros, além das áreas deposicionais, com planícies fluviomarinhas e colinas. Nas escarpas serranas está inserida a maior parte da bacia, compreendendo o alto curso, com altitudes de até 1900m e grande parte do médio curso. Este domínio se caracteriza por vertentes de gradiente muito elevado, de geometria retilínea a côncava, por vezes escarpadas (Dantas, 2000). Apresenta rios de cabeceiras de drenagem estreitos e íngremes, profundamente entrincheirados em vales em forma de V, muitos dos quais alinhados ao longo de falhas geológicas. Os afloramentos de Gnaiss e do Granito Sana são comuns ao longo de vales íngremes e confinados, com densa cobertura vegetal (Marçal et al., 2017).

Figura 1 – Localização da bacia do Rio Macaé e área de estudo



Fonte: os autores.

Na base das escarpas serranas situa-se o domínio dos Maciços Costeiros e Interiores, caracterizado por morros altos, morros baixos e serras isoladas enquanto relevo de degradação de áreas dissecadas. Varia do padrão de relevo de morros altos a baixos,



com vertentes de geometria retilínea-côncava a convexo-côncava, com a presença de coberturas inconsolidadas de colúvios e depósitos de talus (Dantas, 2000).

No baixo curso da bacia do Rio Macaé situam-se depósitos de origem fluvial e fluviolagunar em fundos de vale preenchidos nos Rios Macaé, Ouriço, Dantas e São Pedro, conformando depósitos de planícies e terraços fluviais. Esses fundos de vales são delimitados por colinas baixas da superfície aplainada do litoral leste fluminense ou por colinas isoladas e as vertentes íngremes situadas no sopé da escarpa da serra de Macaé (Marçal et al., 2017).

METODOLOGIA

O trabalho compreendeu a realização de perfil estratigráfico e a caracterização de litofácies. O depósito selecionado no Rio São Pedro está baseado no trabalho de Ramos et al., (2023), realizado a partir da relação entre os estilos fluviais presente na bacia (Marçal et al., 2017) e a ocorrência de feições deposicionais que funcionam como bloqueios laterais, com foco para os depósitos situados no baixo curso do Rio São Pedro, no estilo fluvial “Vale não confinado, meandros arenosos”. O mapeamento foi realizado a partir do modelo digital de elevação *Alos Palsar*, do ano de 2011, com resolução espacial aproximada de 12,5 metros, obtido por meio da plataforma *Nasa Earth Data*, das imagens de satélite do software Google Earth Pro, e de trabalhos de campo.

O perfil estratigráfico foi elaborado manualmente com base em Selley (1968), constituindo representação gráfica da sucessão de fácies que ocorre em um afloramento, associada as características de sedimentos inconsolidados ou de rochas sedimentares, como textura, composição e estruturas sedimentares. A descrição granulométrica no perfil estratigráfico e na descrição de campo utilizou as classificações de Wentworth (1922) e Blair & McPherson (1999), e a caracterização litofaciológica foi baseada em Miall (2006). O perfil estratigráfico de campo foi editado no software CorelDrawX6.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rio São Pedro constitui o maior afluente do Rio Macaé, compreendendo uma área de 479 Km², possuindo cinco estilos fluviais, conforme aponta Marçal, et al., (2017): EF Confinado, cabeceiras íngremes; EF parcialmente confinado, controlado pelo substrato, planície descontínua; EF Confinado, moderada a alta sinuosidade do vale; EF Confinado,

garganta; EF Lateralmente não confinado, meandrante, leito arenoso. A metodologia dos estilos fluviais (River Styles Framework®) consiste na classificação de rios a partir do caráter e comportamento, considerando o grau de confinamento dos vales, a forma em planta do canal, as feições geomorfológicas dentro e fora do canal, além dos principais controladores ambientais e/ou antrópicos (Brierley; Fryirs, 2005)

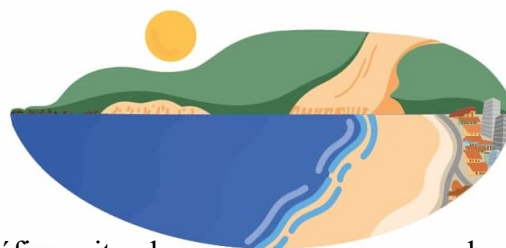
O perfil estratigráfico está situado no EF Não Confinado, meandrante, leito arenoso, que ocorre no baixo curso do Rio São Pedro, com canal sinuoso e ativo em dinâmica de ajuste lateral e corte de meandro (Figura 2). O canal apresenta dinâmica de erosão lateral e avulsão, gerando meandros abandonados e lagos de sedimentação na planície fluvial. A capacidade de ajuste é elevada, com o canal apresentando rápidas repostas quanto a forma em planta e posição às variações de descarga (Marçal, et al., (2017).

Figura 2 – Localização do perfil estratigráfico na planície do Rio São Pedro



Fonte: os autores.

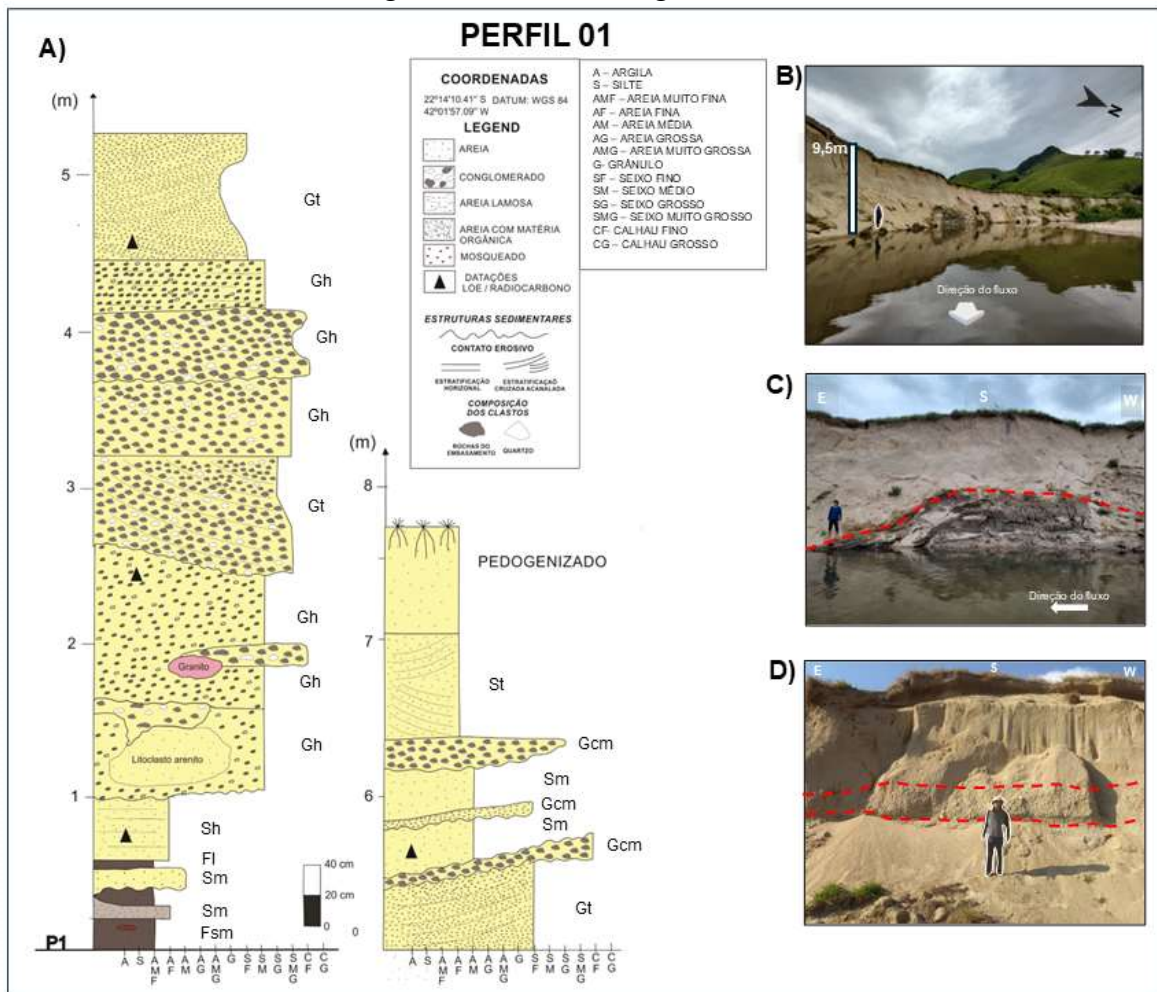
Na área analisada foram identificados dois níveis de terraços, o superior (T1) e o inferior denominado de (T2) (Marçal et al., 2017; Ramos et al., 2023). O nível de terraço superior está presente nas duas margens do canal, com caráter contínuo na margem esquerda e descontínuo na direita. As planícies fluviais aparecem associadas ao curso atual do canal principal e tributários. Também estão associadas ao paleocanal do Rio São Pedro, a curvatura de meandro existente no mapeamento de 1968. As planícies apresentam-se de forma descontínua ao longo das duas margens, expressando a intensa dinâmica de ajuste dos meandros nas últimas décadas (Marçal et al., 2017).



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA

Foi realizado um perfil estratigráfico, situado na margem convexa do canal, na qual a dinâmica erosiva vem atuando sobre o terraço fluvial. O perfil apresenta desnível de 7,40 metros em relação ao canal, em trecho que varia até o máximo de 9,50 metros (Figura 3B). O perfil estratigráfico apresenta predomínio geral de três padrões de sedimentação: a partir da base com camadas de argilito maciço intercaladas com camadas arenosas compostas por quartzo, feldspato e muscovita, de granulometria fina a muito grossa, subangulosa a subarredondada; sucedidas por camadas de conglomerados finos a grossos, bem selecionados, com predomínio de litoclastos de Gnaiss e Granito subangulosos; sucedida por camadas de cascalho inconsolidada intercaladas com camadas de areia fina a média (Figura 3A).

Figura 3 – Perfil estratigráfico 01



Legenda: A) perfil estratigráfico; B) vista panorâmica do afloramento; C) variação na espessura das camadas de granulometria fina; D) posição das camadas rudáceas em parte do afloramento. Fonte: os autores.



A partir da base do afloramento, ocorre a sucessão de camadas intercaladas de areia muito fina com elevado conteúdo de matéria orgânica e argilito maciço, com camadas arenosas e/ou areno-lamosas, e que apresentam espessura variável de 1m a 3m ao longo do afloramento (Figura 3C), indicando uma dinâmica deposicional mista de depósitos externos e internos ao canal.

As fácies Fsm e Fl indicam dinâmica deposicional ligada a ambientes fluviais marginais. A camada caracterizada pela litofácies Fsm apresenta acentuada proporção de matéria orgânica, contendo bioclastos de madeira de até 20cm. Segundo Miall (2006), está associada a depósitos de canais abandonados ou brejos. A camada classificada como Fl apresenta espessura aproximada 10 cm, composta por areia fina, bem selecionada, com presença de matéria orgânica. Na literatura está ligada a depósitos de transbordamento de canal, canais abandonados ou de fluxo decrescente. Ocorre a presença da fácies Sm intercalada a de finos, estando associada na literatura a fluxos de gravidade, resultante de colapso das margens e fluxo de detritos (Miall, 2006). Paz & Paula (2022) associaram fácies arenosas maciças em planícies de inundação a eventos de corrida de lama, recobrando fácies de sedimentos finos em bacia situada na vertente atlântica, no contexto do clima tropical úmido.

Em seguida há a fácies Sh, de granulometria de areia fina, subarredondada, bem selecionada, com laminação horizontal, com espessura aproximada de 50cm. Na classificação de Miall (2006) está relacionada a superposição de lençóis de areia com variação das condições de fluxo hidrodinâmico. Está associada a condições de regime de fluxo superior, de velocidade ao redor de 1m/s e profundidade de 0,25 a 0,5m.

Entre 1m e 5,4m de altura no perfil, ocorrem as litofácies Gh e Gt, de granulometria que varia de grânulo a calhau fino com matriz arenosa. Apresentam composição predominante de litoclastos de Gnaisse e Granito, no geral bem selecionados, angulosos a subangulosos, e presença escassa de seixos de quartzo e feldspato angulosos. A fácies Gh corresponde a camadas que variam de 30 cm a 80 cm de espessura, suportada pelos clastos, com estratificação horizontal. Esta fácies está associada a fluxo trativo unidirecional, em regime de fluxo superior sob a forma de lençóis de cascalho (Miall, 2006). A fácies Gt corresponde a camadas de cascalho com estratificação cruzada acanalada, de espessura variando entre 50 cm e 1,3m. Ocorrem conglomerados sustentados pelos clastos, compostos por litoclastos de Gnaisse e seixos e grânulos de



quartzo e feldspato. Segundo Miall (2006) esta fácies está relacionada à migração de megaondulações de cascalho de crista reta, com material transportado por fluxo trativo de alta energia.

A partir de aproximadamente 5,5m ocorre uma sequência de camadas de fácies Gcm e Sm/St intercaladas. As camadas classificadas como litofácies Gcm são caracterizadas por cascalho inconsolidado, de granulometria que varia de seixo fino a calhau fino, composto por litoclastos de Gnaiss subangulosos, sem estrutura aparente, com matriz de areia fina. Segundo Miall (2006) esta litofácia pode ser interpretada com fluxos de detritos pseudoplásticos, depositados por fluxos viscosos, laminares ou turbulentos. As camadas correspondentes a litofácia Sm apresentam de 20cm a 80cm de espessura, compostas por areia fina a média inconsolidadas, moderadamente selecionadas, angulosas, com elevada proporção de feldspato. A camada caracterizada pela litofácia St apresenta 70cm de espessura, com elevada proporção de muscovita, de granulometria de areia fina à média, moderadamente selecionada, angulosa, com estratificação cruzada acanalada. Miall (2006) associa essa fácies à migração de megaondulações arenosas de crista sinuosa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A caracterização geomorfológica e estratigráfica de depósitos fluviais constitui etapas importantes para a construção de um quadro da trajetória evolutiva quaternária de ambientes fluviais. O depósito situado no Rio São Pedro apresenta expressivas diferenças no conjunto de fácies identificadas, podendo indicar diferentes fases da dinâmica fluvial, uma dinâmica associada a ambientes fluviais de menor energia, expresso pela presença de fácies compostas por sedimentos predominantemente finos. A mudança para fase de funcionamento da dinâmica fluvial em condições de maior energia, expresso pela presença de fácies rudáceas sucessivas, e posterior redução de energia quando alternadas com fácies arenosas.

Pesquisas futuras relacionadas a aspectos morfoestratigráficos, geocronológico e paleoambientais dos depósitos em diferentes compartimentos da bacia podem contribuir para a compreensão mais acurada da escala temporal e espacial dessas mudanças quaternárias, além do papel do controlador climático nessa evolução. Destaca-se também a importância de análises que busquem compreender o controle estrutural e tectônico



enquanto importante controlador da conectividade estrutural da bacia, distribuição e características dos depósitos fluviais.

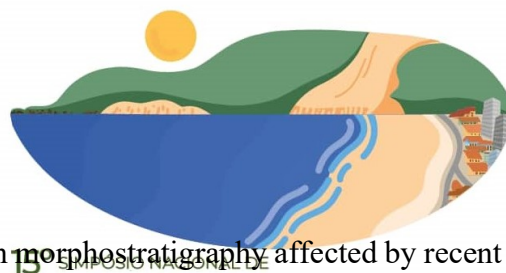
AGRADECIMENTOS

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, Edital de Auxílio Básico à Pesquisa, (APQ1-2023), processo nº SEI-260003/006171/2024.

REFERÊNCIAS

- BLAIR, T.C.; MC PHERSON, J.G. Grain-Size and textural classification of coarse sedimentary particles. **Journal of Sedimentary Research**, 69:6-19, 1999.
- BRIERLEY, G. J., FRYIRS, K. A. Geomorphology and River Management: Applications of the River Styles Framework, 1 ed. Blackwell Publishing, Oxford, 2005.
- DANTAS, M. E. Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro. **Serviço Geológico do Brasil– CPRM**. Rio de Janeiro, 2000.
- FRYIRS, K.A, BRIERLEY, G,J, PRESTON, N.J, KASAI, M. Buffers, barriers and blankets: the (dis) connectivity of catchment-scale sediment cascades. **Catena**, v. 70, p. 49–67, 2007.
- FRYIRS, K.; THOMPSON, C.; GORE, D. Using a fluvial archive to place extreme flood sediment (dis)connectivity dynamics in context of a longer-term record. **International Journal of Sediment Research**, v. 37, p. 447-456, 2022.
- HARVEY, A. M. Effective time scales of coupling within fluvial systems. **Geomorphology**, n. 44, 175–201, 2002.
- KIRCHNER, A.; NEHREN, U; BEHLING, H; HEINRICH, J. (2015). Mid- and late Holocene fluvial dynamics in the tropical Guapi-Macacu catchment, Southeast Brazil: the role of climate change and human impact. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, n.426, p. 308–318, 2015.
- MARÇAL, M. S.; RAMOS, R. R. C.; SESSA, J.C. ; FEVRIER, P. V. R. Sedimentação Fluvial Quaternária no Vale do Alto Curso do Rio Macaé, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 16, 2015.
- MARÇAL, M., BRIERLEY, G., LIMA, R. N. S. Using geomorphic understanding of catchment-scale process relationships to support the management of river futures: Macae Basin, Brazil. **Applied Geography**, 84, 23-41, 2017.
- MIALL, A. D. 2006, **The Geology of Fluvial Deposits**. Springer Verlag, Berlin.
- MOURA, J.R.S; MELLO, C.L. (1991) Classificação aloestratigráfica do Quaternário superior na região de Bananal (SP/RJ). **Revista Brasileira de Geociências**, Volume 21, 1991, p.236-254.
- MOURA, J.R.S.; PEIXOTO, M.N.O.; SILVA, T.M. Geometria do Relevo e Estratigrafia do Quaternário como Base à Tipologia de Cabeceiras de Drenagem em 9 Anfiteatro - Médio Vale do Rio Paraíba do Sul. **Revista Brasileira de Geociências** 21(3):255-265, 1991.



PAZ, O. L. S.; PAULA, E. Alluvial plain morphostratigraphy affected by recent mud and debris flows: a study in the Jacaré River basin (southern coast of Brazil). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 23, p. 1978-1999, 2022.

RAMOS, G. S.; CABRAL, G. K. P.; PEIXOTO, N. M. ; SILVA, L. O.; MARÇAL, M. S. Estudos Sobre A Conectividade Fluvial Na Bacia Do Rio São Pedro, Região Norte Fluminense. In: **14º Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2023, Corumbá, 2023**. v. 1. p. 1-7.

SELLEY, R.C. 1968. A Classification of paleocurrent models. **The Journal of Geology**. The University of Chicago Press Journals 76(1).

TAVARES, B. A. C.; SILVA, W. F.; MELO, J. H. S.; OLIVEIRA, G. P. ; LIRA, D. R. ; CORRÊA, A. C. B.; MUTZENBERG, D. S.; ARAUJO, R. O.; GIRÃO, O. S. Structural Controls and dysconnectivity in a semi-arid watershed: A case study from northeastern Brazil. **Geographical Research**, v. 63, p. 1-27, 2025.

VELDKAMP, A.J.E.M; BAARTMAN, T.J; COULTHARD, D.; MADDY, J.M.; SCHOORL, J.E.A; STORMS; A.J.A.M TEMME; R. VAN BALEN; M.J. VAN DE WIEL; W. VAN GORP; W. VIVEEN; R. WESTAWAY; A.C. WHITTAKER. Two decades of numerical modelling to understand long term fluvial archives: Advances and future perspectives. **Quaternary Science Reviews**, v. 166, 177-187, 2017.

WENTWORTH, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments: **Journal of Geology**, 30:377-392.

WOHL, E. BRIERLEY, G.; CADOL, D.; COULTHARD, T.J.; COVINO, T.; FRYIRS, K.A.; GRANT, G.; HILTON, R.G; LANE, S.N.; MAGILLIGAN; F.J. Connectivity as an emergent property of geomorphic systems. **Earth Surface Processes and Landforms**, 44, pp. 4-26, 2019.