

## CARACTERIZAÇÃO DOS TIPOS DE BLOQUEIO NA BACIA DO RIO MACAÉ – RJ E SUA IMPORTÂNCIA NA CONECTIVIDADE FLUVIAL

*CHARACTERIZATION OF BLOCKAGE TYPES IN THE MACAÉ RIVER BASIN – RJ AND THEIR IMPORTANCE FOR FLUVIAL CONNECTIVITY*

*CARACTERIZACIÓN DE LOS TIPOS DE BLOQUEO EN LA CUENCA DEL RÍO MACAÉ – RJ Y SU IMPORTANCIA EN LA CONECTIVIDAD FLUVIAL*

*CARACTÉRISATION DES TYPES DE BLOCAGE DANS LE BASSIN DU RIO MACAÉ – RJ ET LEUR IMPORTANCE DANS LA CONNECTIVITÉ FLUVIALE*

**MARIANA DE OLIVEIRA HENRIQUES<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Mestranda do programa de pós-graduação em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).  
E-mail: [marihenriques91@gmail.com](mailto:marihenriques91@gmail.com) ORCID: <http://orcid.org/0009-0009-1693-1866>

**MÔNICA DOS SANTOS MARÇAL<sup>2</sup>**

<sup>2</sup>Professora titular do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Instituto de Geociências.  
E-mail: [monicamarcal@gmail.com](mailto:monicamarcal@gmail.com) ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2674-5380>

### RESUMO

Este estudo analisa os bloqueios fluviais na bacia do rio Macaé, identificando e espacializando feições geomorfológicas que impactam a conectividade fluvial. A pesquisa abrangeu o rio Macaé e seus principais afluentes, caracterizando tanto bloqueios naturais quanto antrópicos, incluindo barras laterais, ilhas fluviais, barragens, canais preenchidos, depósitos de talus, além de erosões, rampas e áreas urbanas. Os resultados indicam que a distribuição desses bloqueios reflete a compartimentação da bacia em alto, médio e baixo curso, com variações relacionadas a fatores geomorfológicos, geológicos e antrópicos. Conclui-se que os bloqueios fluviais são essenciais para a compreensão da dinâmica da paisagem, influenciando a conectividade e a evolução dos sistemas fluviais na bacia do rio Macaé.

**Palavras-chave:** Feições geomorfológicas. Conectividade Fluvial. Geomorfologia Fluvial.

### ABSTRACT

This study examines the fluvial barriers in the Macaé River basin, identifying and mapping geomorphological features that impact fluvial connectivity. The research covered the Macaé River and its main tributaries, characterizing both natural and anthropogenic barriers, including lateral bars, river islands, dams, filled channels, talus deposits, as well as erosions, ramps, and urban areas. The results indicate that the distribution of these barriers reflects the compartmentalization of the basin into upper, middle, and lower courses, with variations related to geomorphological, geological, and anthropogenic factors. It is concluded that fluvial barriers are essential for understanding landscape dynamics, influencing connectivity and the evolution of fluvial systems in the Macaé River basin.

**Keywords:** Geomorphological Features. Fluvial Connectivity. Fluvial Geomorphology.

### RESUMEN

Este estudio analiza los bloqueos fluviales en la cuenca del río Macaé, identificando y espacializando las características geomorfológicas que impactan la conectividad fluvial. La investigación abarcó el río Macaé y sus principales afluentes, caracterizando tanto bloqueos naturales como antrópicos, incluyendo barras laterales, islas fluviales, presas, canales rellenados, depósitos de talud, así como erosiones, rampas y áreas urbanas. Los resultados indican que la distribución de estos bloqueos refleja la compartimentación de la cuenca en curso alto, medio y bajo, con variaciones relacionadas con factores geomorfológicos, geológicos y antrópicos. Se concluye que los bloqueos fluviales son esenciales para comprender la dinámica del paisaje, influyendo en la conectividad y en la evolución de los sistemas fluviales en la cuenca del río Macaé.

**Palabras clave:** Características Geomorfológicas. Conectividad Fluvial. Geomorfología Fluvial.

### RÉSUMÉ

Cette étude analyse les blocages fluviaux dans le bassin du fleuve Macaé, en identifiant et en spatialisant les caractéristiques géomorphologiques qui impactent la connectivité fluviale. La recherche a couvert le fleuve Macaé et ses principaux affluents, en caractérisant à la fois les blocages naturels et anthropiques, y compris les barres latérales, les îles fluviales, les barrages, les canaux comblés, les dépôts de talus, ainsi que les érosions, les rampes et les zones urbaines. Les résultats indiquent que la répartition de ces blocages reflète la compartimentation du bassin en cours supérieur, moyen et inférieur, avec des variations liées à des facteurs géomorphologiques, géologiques et anthropiques. Il est conclu que les blocages fluviaux sont essentiels pour comprendre la dynamique du paysage, influençant la connectivité et l'évolution des systèmes fluviaux dans le bassin du fleuve Macaé.

**Mots-clés:** Caractéristiques Géomorphologiques. Connectivité Fluviale. Géomorphologie Fluviale.

## INTRODUÇÃO

Ao longo dos últimos anos, a dinâmica dos rios em diversos sistemas fluviais ao redor do mundo tem sofrido mudanças profundas devido às atividades humanas. Essas interferências, que persistem até o presente, ocorrem de forma direta e indireta no sistema de drenagem, resultando em modificações significativas na dinâmica do fluxo e na distribuição dos sedimentos. As transformações, causadas por inúmeras interferências nos sistemas fluviais, têm reconfigurado as condições ambientais e criado novas dinâmicas ao reorganizar os espaços físicos.

Atividades como desmatamento, urbanização e mineração, derivadas das ações humanas, enfatizam a necessidade de entender os impactos dessas intervenções na dinâmica fluvial, considerando as implicações ambientais, sociais e culturais específicas do sistema fluvial em questão (MARÇAL *et al.*, 2022).

Dessa maneira, o conhecimento a respeito do comportamento das inter-relações entre ambientes, presentes em um sistema fluvial, vem sendo considerado como forma de investigação de previsão dos efeitos das mudanças ambientais em diversas escalas temporais e espaciais (BRIERLEY; FRYIRS, 2005). Os diferentes tipos de respostas a um distúrbio passam a ser resultantes das novas ligações estabelecidas no sistema propiciando que instabilidades sejam propagadas por feedbacks durante vários eventos, modificando o equilíbrio presente do sistema (BRUNSDEN, 2001; THOMAS, 2001). Nesse sentido, cada setor da paisagem passa a apresentar uma resposta específica às mudanças, desencadeando processos em um determinado local da bacia e ajustes em outros setores. Assim, o entendimento da conectividade entre compartimentos de um sistema, bem como as relações frequência-magnitude que ditam a eficácia relativa dos processos geomorfológicos, passam a ser importante indicador de possíveis (des)ajustes internos de sistemas (CHORLEY; KENNEDY, 1971; THOMAS, 2001; BRIERLEY; FRYIRS, 2005; POEPL *et al.*, 2020; HOOKE; SOUZA, 2021).

Autores como Harvey (2002) e Fryirs (2013) utilizam o conceito de conectividade para se referir à transferência de sedimento e água dentro ou entre compartimentos da paisagem de um sistema fluvial. Essa abordagem busca compreender como se configura essa transmissão em uma bacia hidrográfica através de diferentes inputs de perturbação, com distintas magnitudes e frequências. Ou seja, propõe analisar, de maneira multiescalar, a transferência de sedimentos e água, observando o comportamento de todo o sistema, de modo a investigar os diferentes elementos responsáveis pelo aumento ou diminuição no aporte de sedimentos, que podem consequentemente alterar a evolução dos sistemas fluviais. Dentre estes elementos os autores destacam a necessidade de identificar feições que impedem ou diminuem a conectividade da paisagem em bacias hidrográficas, de forma a não considerar apenas os fatores controladores de energia e a disponibilidade de sedimentos no contexto da bacia hidrográfica (FRYIRS *et al.*, 2007a; FRYIRS, 2013).

Segundo Fryirs (2013) essas desconexões podem ter origem tanto natural quanto antrópica. Os desconectores naturais podem incluir pântanos ou planícies de inundação, que amortecem a entrega de sedimentos em diferentes pontos dentro de uma bacia. Os bloqueios antrópicos incluem estruturas como barragens e reservatórios, e trechos de rios canalizados, por exemplo. Para que se investigue o quão (des)conectado está o sistema fluvial e avaliar as implicações sobre o processo de evolução dos ambientes fluviais, é necessário identificar essa variedade de feições que atuam como bloqueios no transporte de água e sedimentos e compreender o comportamento destas feições no contexto específico da paisagem na qual estão inseridas. Além disso, deve-se considerar sua influência ao longo de diferentes períodos temporais para que seja possível compreender o quão determinantes são no processo de evolução de um determinado ambiente fluvial.

Essa abordagem teórico-metodológica é crucial, uma vez que a preocupação se estende não apenas à quantidade e composição, mas também à frequência de disponibilização de sedimentos em diferentes partes do sistema. Em outras palavras, a natureza da dinâmica de (des)conectividade durante eventos de chuva ou inundação de magnitude variável pode ser distinta, à medida que os caminhos são ativados ou bloqueados em diferentes estágios de fluxo (FRYIRS *et al.*, 2007a; FRYIRS, 2013).

Diante do exposto, a presente pesquisa pretende compreender a natureza dos tipos de bloqueios na paisagem fluvial da bacia do rio Macaé, aplicando esse conhecimento de maneira específica ao contexto desta área, caracterizada por uma marcante compartimentação climática, geológica e geomorfológica, que sofreu diferentes intervenções antrópicas ao longo de diferentes ciclos econômicos. Conforme delineado no Plano de Recursos Hídricos da Bacia hidrográfica dos Rios Macaé e das Ostras (2014), a área da cabeceira do rio Macaé apresenta índices pluviométricos que podem atingir aproximadamente 2.500 mm em seu período chuvoso.

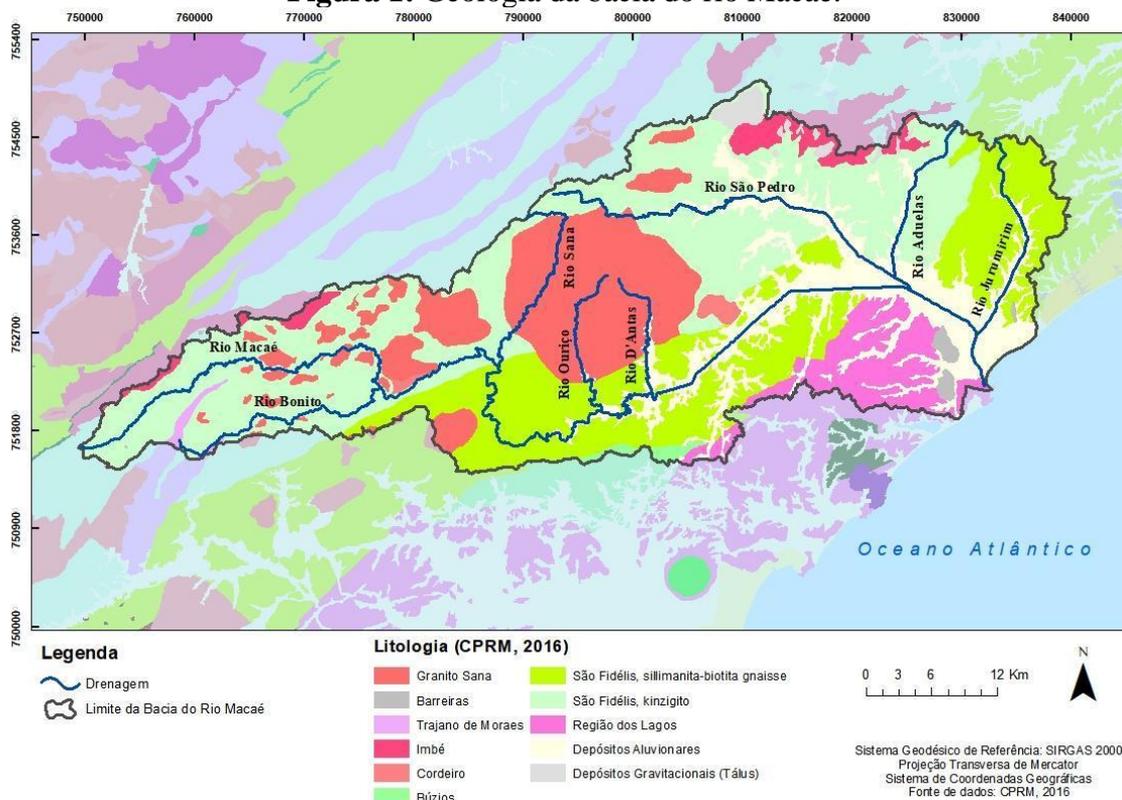
Essa condição intensifica a incidência de movimentos de massa, os quais desempenham um papel fundamental na evolução do relevo do alto curso do rio Macaé. No médio curso, Cabral *et al.* (2023) destacam a influência tectônica, especialmente nas áreas de altas declividades, caracterizadas pela presença de colúvios, principalmente na sub-bacia do Sana, onde o granito Sana desempenha um papel importante na dinâmica da paisagem local. Por outro lado, no baixo curso da bacia, onde os índices pluviométricos e a declividade são menos expressivos, outras influências se sobressaem. Nesta área, é necessário considerar o impacto das intervenções antrópicas como um fator controlador significativo, em especial a retificação realizada pelo extinto DNOS (Departamento Nacional de Obras de Saneamento) de extensos trechos. Ressalta-se que o rio Macaé percorre a região urbana do município de Macaé, que vivenciou um grande adensamento populacional na década de 90.

Diante do contexto supracitado, objetivo deste trabalho é compreender a natureza dos bloqueios que ocorrem nos vales fluviais dos principais rios contribuintes da Bacia do Rio Macaé, a partir da sua caracterização física e espacial, e suas implicações sobre a conectividade fluvial da Bacia do rio Macaé.

## CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOMORFOLÓGICA

A bacia do rio Macaé está situada na Faixa Ribeira, com rochas gnáissicas e graníticas. Dentro desse contexto, conforme pode ser observado na Figura 1 se destaca o Grupo São Fidélis, que aflora em uma faixa entre a escarpa da Serra do Mar e a planície costeira, desde a região metropolitana do Rio de Janeiro até ao norte junto à divisa com o estado do Espírito Santo. O grupo é constituído predominantemente por gnaisses kingizito, mas também se destaca o gnaisse bandado silimanita-biotita. Intrusivo no grupo São Fidélis, destaca-se o Granito Sana, um pluton com aproximadamente 270 km<sup>2</sup> e forma circular, além de alguns *stocks* e corpos tabulares mapeados a oeste e nordeste do corpo intrusivo principal (CPRM, 2016). O Granito Sana aflora geralmente na forma de lajedos em encostas e no topo de morros, mas também na forma de blocos arredondados. Os depósitos aluvionares têm marcante presença ao longo da bacia, principalmente no baixo curso do rio Macaé. Em relação à estrutura geológica, é importante ressaltar as falhas lineares de orientação predominantemente nordeste-sudoeste (alto/médio curso da bacia), o que sugere um controle estrutural no traçado dos rios Sana, Ouriço e D'Antas, que são marcados por retilinidade ou linearidade na drenagem (MARÇAL *et al.*, 2017).

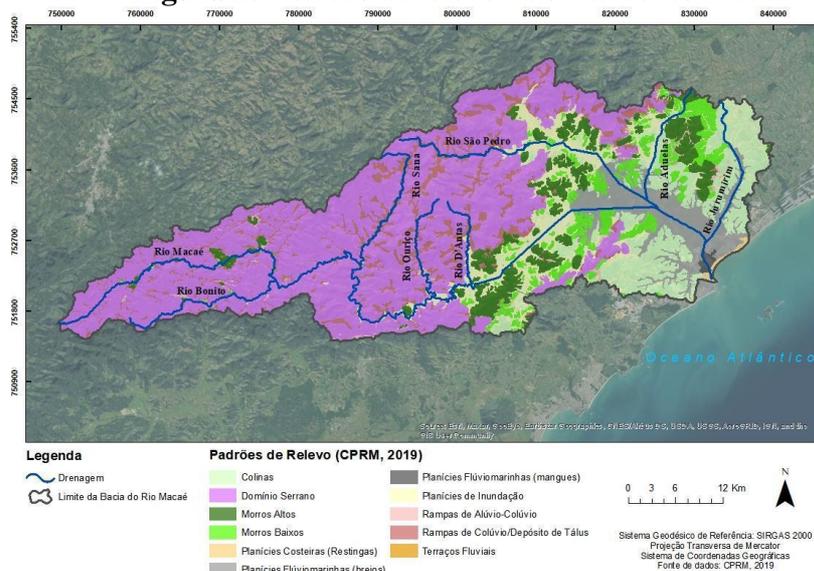
**Figura 1:** Geologia da bacia do rio Macaé.



**Fonte:** Elaborado com auxílio do *software Arcgis* e uso dos dados de CPRM (2019).

A geomorfologia da bacia do rio Macaé pode ser caracterizada por três grandes conjuntos morfológicos (DANTAS, 2000): a região de grandes escarpas da Serra do Mar, onde está localizada a serra de Macaé de Cima; a região dos Maciços Costeiros, com serras isoladas e morros e as áreas deposicionais, com planícies fluviomarinhas e colinas (Figura 2). O domínio serrano está inserido na maior parte da bacia, com presença em seu alto curso, com altitudes que alcançam 1900 metros, e em boa parte do médio curso. Associado a este domínio, é perceptível a presença de rampas de colúvio e depósitos de tálus, que consistem em superfícies deposicionais fortemente inclinadas, constituídas por depósito de encosta, e estão ligadas a relevos de alta declividade, como as escarpas serranas. Na base das escarpas serranas, surgem os morros altos, morros baixos e algumas serras isoladas, reflexo de um terreno mais dissecado. Marcada por diversos tipos de modelado, a paisagem desta área é caracterizada por diversos tipos de modelado, envolvendo o padrão de dissecção, que se configura numa morfologia côncavo-convexa de serras e morros. Dantas (2000), também destaca as elevações das serras isoladas, caracterizadas como uma transição entre as escarpas serranas e os tabuleiros litorâneos aplainados. O domínio padronizado por colinas e planícies, atributo de destaque no baixo curso da bacia, é caracterizado pelo alargamento dos vales fluviais constituídos por sedimentos aluviais e coluviais. As planícies possuem gradientes extremamente suaves e convergentes aos cursos d'água principais. A proximidade com o litoral é marcada pela influência marinha nas planícies, formando mangues que alcançam grande extensão para o interior a partir da desembocadura do rio Macaé.

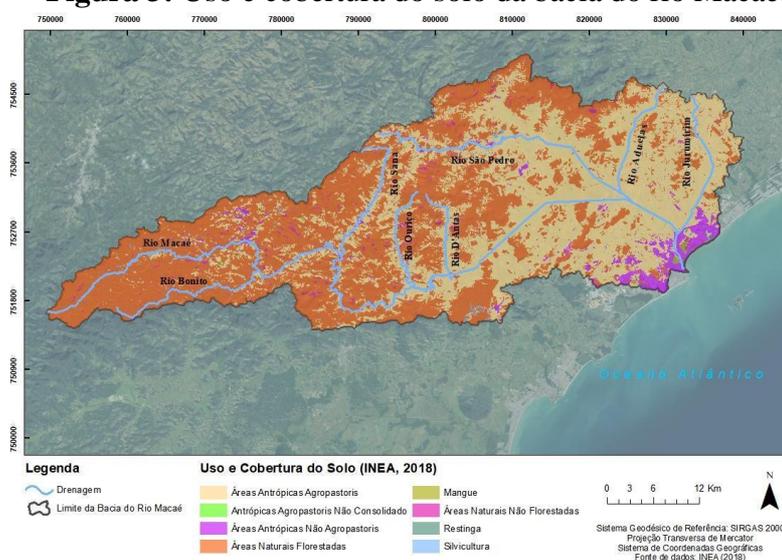
**Figura 2:** Padrões de relevo da bacia do rio Macaé.



Fonte: Elaborado com auxílio do *software Arcgis* e uso dos dados de CPRM (2019).

Os diferentes ciclos vivenciados pela bacia do rio Macaé resultaram no mapa da Figura 3 de uso de cobertura da terra. As *Áreas Naturais Florestadas* são predominantes no alto e médio curso, onde o uso da terra é historicamente limitado pelos elevados índices de declividade e por estarem inseridas em áreas delimitadas como Unidades de Conservação. As *Áreas Naturais Não Florestadas* são representadas por afloramentos rochosos, dunas, cordões arenosos, entre outros. As *Áreas Antrópicas Agropastoris* estão localizadas em vales e majoritariamente no baixo curso. Se caracteriza pelas áreas de pastagem e diferentes tipos de cultivos. A classe *Áreas Antrópicas Não Agropastoris* é representada por áreas urbanas de diferentes níveis de densidade de ocupação, áreas de mineração, solo exposto, entre outras, e é onde se encontra a área urbana do município de Macaé. As áreas classificadas como *Áreas Antrópicas Agropastoris Não Consolidado* são áreas onde, em 2014, estavam presentes atividades agropastoris, embora anteriormente, em 2008, fossem cobertas por floresta. Já a *Silvicultura* é representada prioritariamente por Eucalipto.

**Figura 3:** Uso e cobertura do solo da bacia do rio Macaé.



Fonte: Elaborado com auxílio do *software Arcgis* e uso dos dados de INEA (2018).

## CARACTERIZAÇÃO FLUVIAL

Os canais fluviais da bacia do rio Macaé foram classificados por Marçal *et al.* (2017), com atualização de Brierley *et al.* (2019). Foram encontrados 10 estilos fluviais na bacia, como pode ser visualizado na Figura 4.

O *Vale Confinado, cabeceiras* é encontrado nas nascentes dos rios Macaé, Bonito, Ouriço e Sana. De acordo com Marçal *et al.* (2017), nesse estilo o vale está confinado por escarpas e está localizado entre 970 e 1580 metros de altitude. A largura média do canal é de 4 metros e são encontradas unidades geomorfológicas como sequências de degraus rochosos (bedrock steps), soleiras e depressões (rifles e pools), cachoeiras, corredeiras e cascatas. O material do leito é composto por uma base rochosa, com matacões, cascalhos e areia grossa, e a morfologia do canal faz com que sua capacidade de ajuste seja baixa.

O *Vale Confinado, garganta* é marcado pelo vale profundamente entalhado em forma de V. Neste estilo o canal ocupa todo o fundo de vale, com unidades geomorfológicas como soleiras e depressões, degraus ocasionais ou cachoeiras rasas. Também é caracterizado por densa cobertura florestal e vegetação ripária.

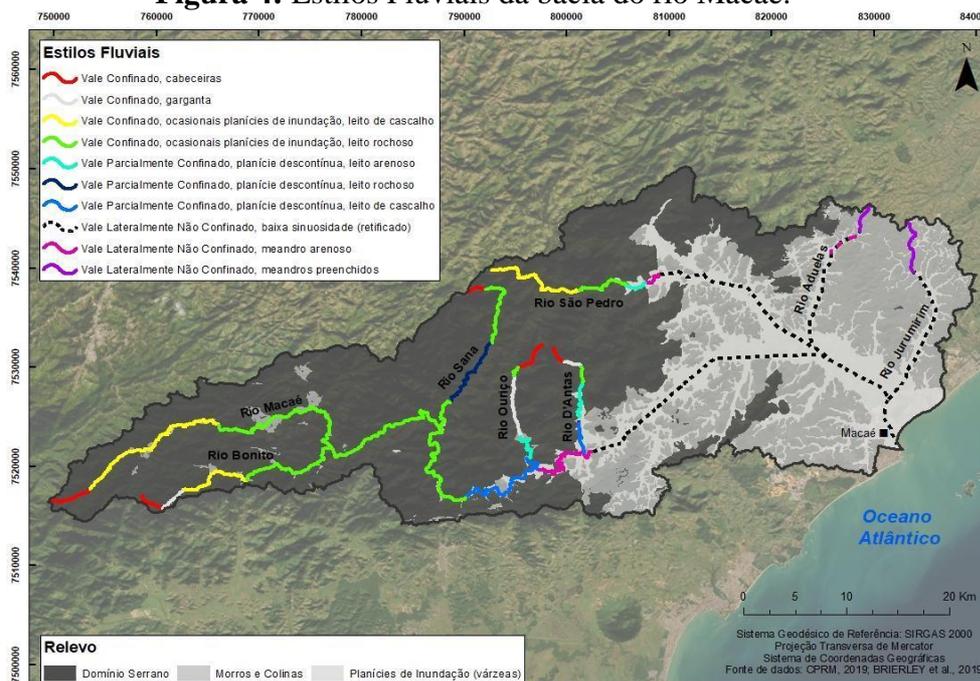
O *Vale Confinado, ocasionais planícies de inundação, leito rochoso* e o *Vale Confinado, ocasionais planícies de inundação, leito de cascalho* são caracterizados por um maior alargamento do canal, em relação aos estilos à montante. Nestes estilos o material sedimentar pode ser armazenado gerando planícies ocasionais associadas a zonas de confluência tributária ou mudanças de alinhamento do vale (MARÇAL *et al.*, 2017). As unidades geomorfológicas encontradas consistem em sequências de soleiras e depressões. Também são encontradas ilhas, que dividem o fluxo, formadas por depósitos de areias onde o vale é mais amplo. Terraços ocasionais se estendem até 14 m acima do leito do canal contemporâneo (Marçal *et al.*, 2015). De acordo com a classificação utilizada pelos autores, o que diferencia os dois estilos é o material do leito.

O *Vale Lateralmente Não Confinado, baixa sinuosidade (retificado)* é modificado por atividades humanas. Desta forma, os canais são ampliados, simétricos (trapezoidais) e retos, transportando volumes significativos de areia para o estuário. São amplamente desconectados lateralmente da planície de inundação e o estoque de sedimentos é limitado a significativa extração e dragagem de areia.

O *Vale Lateralmente Não Confinado, meandro arenoso* tem uma significativa sinuosidade, de 2,3. Seu gradiente é baixo, inferior a 1%, com substrato arenoso e espaço para ajuste lateral. Os meandros são extremamente ativos com canais recortados do curso (meandros abandonados, loops de meandros e seções avulsas dos canais anteriores) na planície de inundação.

Por fim, o *Vale Lateralmente Não Confinado, canais preenchidos* é caracterizado por cursos de água descontínuos. Formam-se pântanos planos que acumulam sedimentos de carga suspensa à medida que os fluxos são dispersos pelo fundo de vale. Os sedimentos orgânicos do vale preenchido são responsáveis pela manutenção do fluxo de base para a jusante durante períodos secos.

Figura 4: Estilos Fluviais da bacia do rio Macaé.



Fonte: Elaborado com auxílio do software Arcgis e adaptado de Marçal *et al.* (2017); Brierley *et al.* (2019).

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os bloqueios são peças-chave na análise da conectividade, uma vez que são responsáveis por diminuir ou interromper a transmissão de sedimentos, isolando algumas áreas da bacia e consequentemente, reduzindo a área de captação efetiva.

O mapeamento dos bloqueios foi realizado em ambiente SIG, pelos softwares ArcGIS 10.8 e *Google Earth Pro*, onde este último também foi utilizado para análise das feições a partir de diferentes recortes temporais. Foi aplicada a metodologia proposta por Brierley (2006) e Fryirs (2007a) para que seja possível identificá-los. Tal metodologia considera feições que impedem a transmissão de material, são elas: As zonas tampão (*buffers*), barreiras (*barriers*) e os cobertores (*blankets*). Nesta pesquisa, foram analisadas as zonas tampão, que impedem ou dificultam a entrada de sedimentos no canal, e as barreiras, que impossibilitam ou reduzem a transferência de sedimentos ao longo do canal. Devido à limitação para mapeamento em ambiente SIG, os cobertores não foram contemplados nesta pesquisa.

Além dos bloqueios já descritos por Fryirs *et al.* (2007a), novas feições foram caracterizadas como bloqueio na bacia do rio Macaé devido à sua alta frequência e possível impacto na conectividade longitudinal e lateral no rio Macaé, são elas: a retificação dos canais fluviais, erosões, áreas urbanas e estradas e tálus no canal.

A retificação dos canais fluviais foi considerada um bloqueio antrópico do tipo zona tampão; os bloqueios denominados como erosão, são feições do tipo zona tampão, presentes às margens dos canais fluviais; os movimentos de massa, que podem ser de origem antrópica ou natural, atuam como bloqueios do tipo zona tampão; as áreas urbanas são feições do tipo zona tampão, de origem antrópica. Foram considerados bloqueios, pois de acordo com Duarte e Marçal (2017) interferem na dinâmica de transferência de água e sedimentos das encostas para os canais no caso de chuvas; as estradas também representam bloqueios do tipo zona tampão, de origem antrópica; por fim, feições mapeadas como tálus no canal também foram

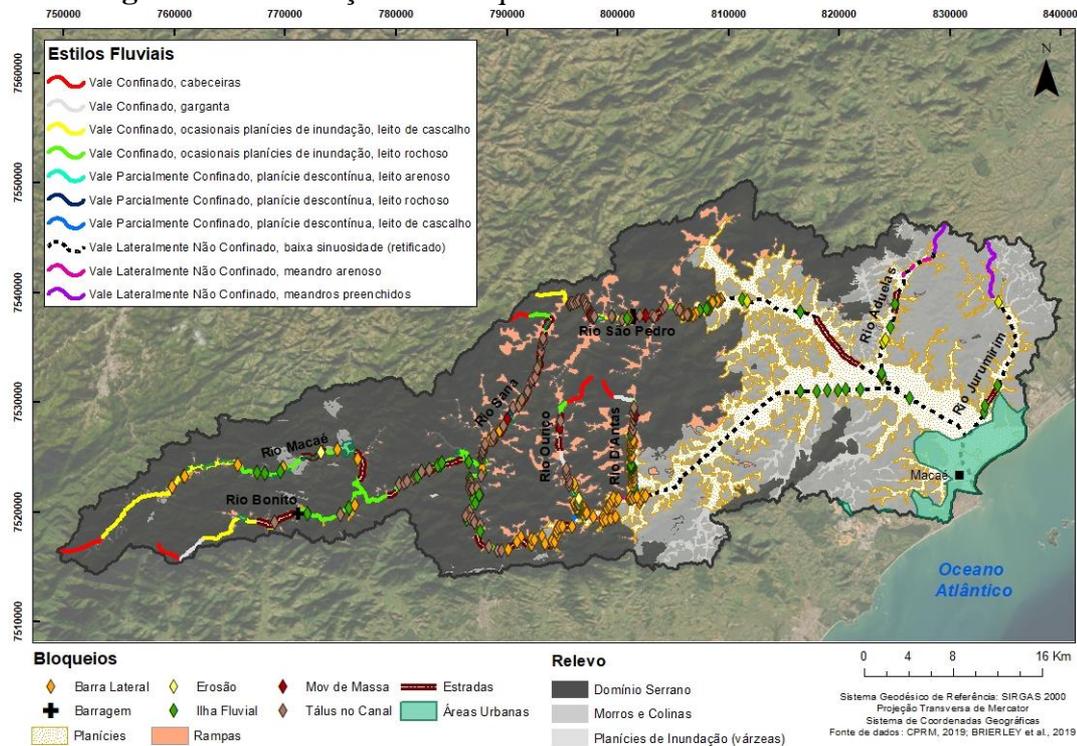
consideradas bloqueios do tipo barreira, pois tem potencial de interferir na conectividade longitudinal do canal fluvial.

Para auxiliar e dar melhor precisão à etapa de geoprocessamento, foram consultados trabalhos preexistentes, como os mapas de Padrões de Relevo do CPRM (2018) dos municípios de Carapebus, Casimiro de Abreu, Conceição de Macabu, Macaé, Nova Friburgo e Rio das Ostras na escala de 1:25.000, com o objetivo de auxiliar no mapeamento de feições como planícies de inundação e rampas. O mapeamento de uso e cobertura da terra serviu como auxílio, junto ao Google Earth, para a delimitação de núcleos urbanos e rurais. Por fim, foram realizados trabalhos de campo para validação dos resultados obtidos e busca de resultados que não puderam ser visualizados com imagens de satélite.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapeamento dos bloqueios na bacia do rio Macaé possibilitou a identificação e a espacialização de feições geomorfológicas que impactam a conectividade longitudinal do rio Macaé e de seus principais afluentes, classificadas como bloqueios do tipo barreira, conforme apresentado na Figura 5. Essas feições incluem barras laterais, ilhas fluviais, barragens antrópicas, canais preenchidos e depósitos de tálus no canal. Além disso, foram mapeados bloqueios que afetam a conectividade lateral, as zonas tampão. Entre esses, destacam-se erosões no leito do rio, movimentos de massa, planícies de inundação, rampas, retificação do canal, estradas e áreas urbanas, que interferem na transferência de sedimentos do ambiente externo para o canal.

**Figura 5:** Distribuição dos bloqueios fluviais na bacia do rio Macaé.



**Fonte:** Elaborado com auxílio do *software Arcgis* e uso dos dados de CPRM (2019).

As ilhas fluviais foram identificadas ao longo do rio Macaé e seus afluentes, como os rios Bonito, Sana, Ouriço, Dantas, e São Pedro. No alto curso do rio Macaé, essas ilhas possuem formato alongado e vegetação madura, indicando estabilidade, com comprimentos variando

entre 40 e 215 metros. Após a confluência com o rio Bonito, as ilhas estão associadas a depósitos de tálus no canal. Predominando, neste compartimento, no estilo fluvial Vale confinado, ocasionais planícies de inundação, leito rochoso. No médio curso, as ilhas são expressivas após a confluência com o rio Sana, com comprimentos superiores a 100 metros, formadas por materiais rochosos e vegetação madura. Nos afluentes, as ilhas são menos expressivas, com tamanhos menores, exceto no rio São Pedro, onde as características são semelhantes às do rio principal. No médio curso, se distribuem ao longo dos estilos fluviais Vale Confinado, garganta; Vale confinado, ocasionais planícies de inundação, leito de cascalho; Vale confinado, ocasionais planícies de inundação, leito rochoso; Vale parcialmente confinado, planície descontínua, leito rochoso; Vale Parcialmente Confinado, planície descontínua, leito de areia; Vale Parcialmente Confinado, planície descontínua, leito de cascalho. No baixo curso, as ilhas fluviais são encontradas sequencialmente no rio Macaé e tão estão presentes em seus afluentes, com variações de 23 a 128 metros comprimento. Estão presentes no trecho com estilo fluvial Vale Lateralmente Não Confinado, baixa sinuosidade (retificado).

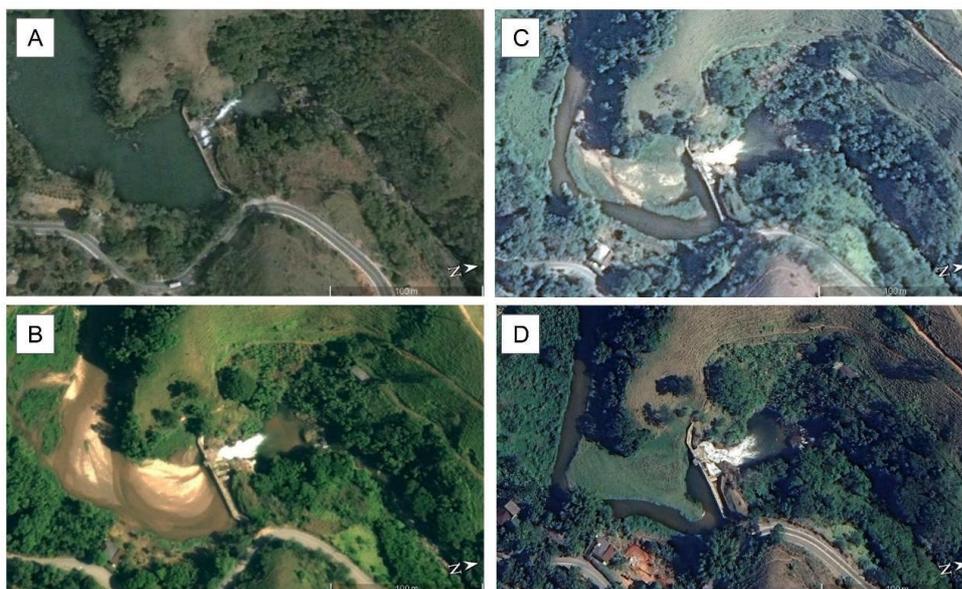
As barras fluviais são depósitos arenosos de formato alongado presentes no alto e médio curso da bacia, sendo diferenciada das ilhas fluviais pela presença de vegetação. No alto curso, está a associada a áreas de planícies descontínuas onde os rios Macaé e Bonito formam pequenos meandros. Possuem largura que varia entre 13 e 90 metros. As barras fluviais mapeadas no alto curso estavam situadas nos estilos fluviais Vale confinado, ocasionais planícies de inundação, leito de cascalho e Vale confinado, ocasionais planícies de inundação, leito rochoso. No médio curso, foram identificadas em áreas mais à jusante, com bastante destaque nos trechos meandros do rio Macaé e também dos afluentes Ouriço, D'Antas e São Pedro, em áreas onde se formam planícies de inundação contínuas. No Rio Sana essas feições não possuem grande expressividade. Variam entre 20 e 260 metros, sendo mais estáveis que no alto curso. As barras fluviais são encontradas ao longo dos estilos fluviais Vale confinado, ocasionais planícies de inundação, leito de cascalho; Vale confinado, ocasionais planícies de inundação, leito rochoso; Vale parcialmente confinado, planície descontínua, leito rochoso; Vale Parcialmente Confinado, planície descontínua, leito de areia; Vale Parcialmente Confinado, planície descontínua, leito de cascalho; com destaque para o estilo fluvial Vale Lateralmente Não Confinado, meandro arenoso onde é evidente sua maior expressividade.

Os depósitos de tálus no canal são originados por movimentos gravitacionais das encostas, que por vezes alcançam os canais fluviais. Estes bloqueios estão presentes nas áreas mais à jusante no alto curso da bacia, onde a declividade já possui grau maior, quando comparado a trechos mais a montante. É possível observar uma sequência de depósitos de tálus no rio Macaé associado à ilhas fluviais, após a sua confluência com o afluente Bonito. Ao longo do rio Bonito foram mapeadas duas áreas com predominância de depósito de tálus. As feições de tálus no canal mapeadas estavam situadas, no alto curso, no estilo fluvial Vale confinado, ocasionais planícies de inundação, leito rochoso. No médio curso, predominam nos trechos à montante do rio Macaé e seus afluentes, especialmente no rio Sana, onde estão presentes ao longo de quase todo o curso fluvial. No baixo curso, estão menos presentes, mas ainda associados a áreas de grandes rampas. No médio curso, também estão associados a ilhas fluviais no rio Macaé. Dentre os afluentes, a presença desses depósitos é mais destacada no rio Sana, ocorrendo praticamente ao longo de todo o curso fluvial, exceto na área de cabeceira, e associando-se a bloqueios caracterizados como rampas. Nos rios Ouriço D'Antas e São Pedro, a presença de depósitos é similar, mas menos marcante em comparação ao rio Sana, estando presente principalmente no alto curso desses canais e também associada a áreas de grandes rampas. Quanto à distribuição nos estilos fluviais, os depósitos de tálus no canal estão presentes nos estilos fluviais Vale Confinado, garganta; Vale confinado, ocasionais planícies de inundação, leito de cascalho; Vale confinado, ocasionais planícies de inundação, leito rochoso;

Vale parcialmente confinado, planície descontínua, leito rochoso; Vale Parcialmente Confinado, planície descontínua, leito de areia; e Vale Parcialmente Confinado, planície descontínua, leito de cascalho.

As barragens são intervenções antrópicas que causam o represamento de água, alterando o transporte de sedimentos. Possuem um caráter permanente na dinâmica sedimentar da área em que estão presente. De acordo com Fryirs et al. (2007a), estes bloqueios ocasionam o acúmulo de sedimentos na área do reservatório e, conseqüentemente, redução desse fluxo à jusante. Foi a única feição do tipo barreira de origem antrópica mapeada no alto curso do rio Macaé, no rio Bonito. Não foi possível observar conseqüências destes bloqueios nos trechos à montante e jusante. Esta feição antrópica está localizada sobre o trecho classificado como estilo fluvial Vale confinado, ocasionais planícies de inundação, leito rochoso. No médio curso, localizada no rio São Pedro, denominada como barragem do Frade (Figura 6). É possível notar, na área a montante da barragem, uma diminuição gradual da largura do canal ao longo dos anos. Em 2003, o canal possuía 62 metros de largura. Na imagem de 2011, foi possível observar a retenção de sedimentos que se manifestam como uma barra fluvial. Em 2016, a barra fluvial começou a ser absorvida pela planície de inundação. Finalmente, em 2023, a feição estava completamente inserida na planície de inundação, e a largura do canal fluvial era de apenas 10 metros. Esta feição está inserida no estilo fluvial Vale Confinado, com ocasionais planícies de inundação, leito rochoso.

**Figura 6:** Evolução de barras fluviais em área à montante da barragem do Frade no rio São Pedro. (A) Ano 2003, (B) Ano 2011, (C) Ano 2016, (D) Ano 2023



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

As planícies de inundação são bloqueios do tipo zona tampão, que afetam a conectividade lateral. No alto curso, aparecem de forma alongada nas margens dos rios Macaé e Bonito, mas em pouca quantidade e de maneira descontínua, um comportamento comum em áreas onde os rios estão bem encaixados no vale confinado. Foi possível observar a presença antrópica nos trechos onde essas planícies descontínuas se formam. As planícies de inundação no alto curso mapeadas estavam situadas nos estilos fluviais Vale confinado, ocasionais planícies de inundação, leito de cascalho e Vale confinado, ocasionais planícies de inundação, leito rochoso. No médio curso, começam a se apresentar de maneira contínua quando comparadas ao alto curso. São encontradas em todos os canais, mas começam a ter maior predominância nas áreas

dos rios D'Antas, São Pedro e Macaé onde o relevo serrano deixa de ser o predominante, dando lugar a um relevo de transição dominado por morros. Assim como no alto curso, planícies de inundação estão associadas a um padrão meandrante dos canais fluviais. Esse tipo de bloqueio está relacionado aos estilos fluviais Vale confinado, ocasionais planícies de inundação, leito rochoso; Vale Parcialmente Confinado, planície descontínua, leito de areia; Vale Parcialmente Confinado, planície descontínua, leito de cascalho; e Vale Lateralmente Não Confinado, meandro arenoso. Por fim, no baixo curso, estes bloqueios são predominantes, com contribuição de sedimentos de origem fluvial, mas também de origem marinha. Sua presença se dá ao longo de todos os canais fluviais. Os estilos fluviais associados às planícies de inundação são: Vale Lateralmente Não Confinado, baixa sinuosidade (retificado); Vale Lateralmente Não Confinado, meandros arenosos; e Vale Lateralmente Não Confinado, meandros preenchidos.

As rampas são depósitos de origem aluvionar e coluvionar, presentes no entorno dos canais fluviais. Geralmente são feições que apresentam caráter permanente, através da contribuição de material coluvionar das encostas (FRYIRS et al, 2007a; CPRM, 2016). No alto curso, conectam-se diretamente aos canais devido à menor presença de planícies de inundação. Estão presentes no entorno de ambos os canais fluviais, com forma alongada, do sentido das encostas em direção ao canal, com destaque para uma feição com 300 metros às margens do rio Bonito. As rampas estão presentes nos estilos fluviais Vale confinado, cabeceiras, Vale confinado, ocasionais planícies de inundação, leito de cascalho e Vale confinado, ocasionais planícies de inundação, leito rochoso. No médio curso, são mais expressivas, com extensão de até 1200 metros. As rampas estão presentes em todos os canais fluviais do médio curso, com destaque para os rios Sana e Ouriço, onde sua distribuição se dá ao longo de todo o canal. Nos rios São Pedro e D'Antas, são encontradas nas áreas mais a montante. No rio Macaé, a conexão direta com os canais se dá principalmente entre as confluências com os rios Sana e Ouriço. Estão presentes nos estilos fluviais Vale Confinado, garganta; Vale confinado, cabeceira rochosa; Vale confinado, ocasionais planícies de inundação, leito de cascalho; Vale confinado, ocasionais planícies de inundação, leito rochoso; Vale parcialmente confinado, planície descontínua, leito rochoso; Vale Parcialmente Confinado, planície descontínua, leito de areia; e Vale Parcialmente Confinado, planície descontínua, leito de cascalho. No baixo curso, sua presença se dá em menor quantidade, sem conexão direta com os canais fluviais.

Foram mapeadas como erosão feições de origem antrópica, nas margens dos rios, relacionadas principalmente à áreas de pastagem que ocasionam a degradação do solo. Foi encontrada uma feição no alto curso, localizada no rio Macaé, em uma área de visível ocupação antrópica, com a presença de casas. Atualmente, esta feição possui 9 metros de comprimento. É uma feição recente, podendo ser visualizada pela primeira vez no mês de setembro de 2017, quando media 6 metros. Está localizada sobre o trecho estilo fluvial Vale confinado, ocasionais planícies de inundação, leito rochoso. No médio curso, estão presentes nos rios São Pedro e Ouriço, em áreas onde é possível observar intervenções antrópicas em planícies de inundação associadas à pastagem. São encontradas nos estilos fluviais Vale confinado, ocasionais planícies de inundação, leito de cascalho; Vale Parcialmente Confinado, planície descontínua, leito de areia; e Vale Parcialmente Confinado, planície descontínua, leito de cascalho. Também foram encontradas erosões relacionadas à pastagem em área de planície no baixo curso do rio Macaé. Estas feições estão presentes nos rios São Pedro, Aduelas e Jurumirim. Também é possível observar a presença de gado em imagens de satélites perto dessas feições, além de estradas de terra mal definidas. Estas feições estão presentes em trechos classificados como estilo fluvial Vale Lateralmente Não Confinado, baixa sinuosidade (retificado).

Quanto às zonas tampão de origem antrópica, áreas urbanas são intervenções que geram modificações na morfologia natural do relevo, possível alteração na drenagem e

impermeabilização do solo. No alto curso, foram consideradas as localidades de Macaé de Cima, Galdinópolis e Lumiar, no rio Macaé, assim como outra área adensada, ainda na localidade de Lumiar, em um ponto do rio Bonito. As áreas urbanas se distribuem entre os estilos fluviais Vale confinado, cabeceiras, Vale confinado, ocasionais planícies de inundação, leito de cascalho e Vale confinado, ocasionais planícies de inundação, leito rochoso. No médio curso são representadas pelas localidades de Trapiche, Glicério e Frade ao longo do rio São Pedro; Bicuda Grande no rio D'Antas; Bicuda Pequena, às margens do rio Ouriço; e Arraial do Sana e Barra do Sana ao longo do rio Sana, com parte da Barra do Sana também margeada pelo rio Macaé. No médio curso estão nos estilos fluviais Vale confinado, ocasionais planícies de inundação, leito rochoso; Vale confinado, ocasionais planícies de inundação, leito de cascalho; Vale parcialmente confinado, planície descontínua, leito rochoso; Vale Parcialmente Confinado, planície descontínua, leito de areia; Vale Parcialmente Confinado, planície descontínua, leito de cascalho; e Vale Lateralmente Não Confinado, meandro arenoso. Já no baixo curso, é onde está situado o município de Macaé. Uma área urbana com alta densidade populacional, com grandes vias asfaltadas, casas, prédios, pontes e outros tipos de intervenções que impedem a infiltração da água no solo e o escoamento superficial. Nele passa o trecho do rio Macaé integralmente retificado, o que se traduz no estilo fluvial Lateralmente Não Confinado, baixa sinuosidade (retificado).

De acordo com Duarte e Marçal (2017), as estradas são caracterizadas como bloqueios, pois podem atuar como barreiras no escoamento de água e sedimentos devido à sua morfologia aplainada. Por outro lado, em eventos de chuva de moderada magnitude, elas podem facilitar o escoamento preferencial, promovendo o processo erosivo nas áreas adjacentes aos canais. No alto curso, foram mapeadas a BR-142, que é asfaltada, ao longo do curso do rio Macaé, e uma via não asfaltada que margeia o rio Bonito. As estradas se distribuem entre os estilos fluviais Vale confinado, cabeceiras, Vale confinado, ocasionais planícies de inundação, leito de cascalho e Vale confinado, ocasionais planícies de inundação, leito rochoso. No médio curso, os trechos de estradas paralelas ao curso dos rios localizados foram: a estrada Sana-Frade, às margens do rio Sana; a estrada da Bicuda Pequena, paralela ao rio Ouriço; e um trecho de estrada paralelo ao rio D'Antas. Todas essas estradas não são pavimentadas nos trechos com distância de até 30 metros em relação aos canais. Nos rios Macaé e São Pedro foram mapeadas as estradas RJ-142 e RJ-162, ambas pavimentadas. Estas estradas margeiam os estilos fluviais Vale Confinado, garganta; Vale confinado, ocasionais planícies de inundação, leito rochoso; Vale confinado, ocasionais planícies de inundação, leito de cascalho; Vale parcialmente confinado, planície descontínua, leito rochoso. Trechos de estradas também são encontrados no baixo curso ao longo dos afluentes São Pedro, Aduelas e Jurumirim. Todos os trechos de estradas são representados por vias não pavimentadas situadas em áreas de planícies. Nestas áreas, diferente dos trechos do alto e médio curso, a morfologia do solo e a declividade da área não são alteradas. Todas as estradas mapeadas neste compartimento são paralelas aos trechos classificados como estilo fluvial Lateralmente Não Confinado, baixa sinuosidade (retificado).

Os vales preenchidos são bloqueios exclusivos do baixo curso do rio Macaé. São feições de acordo com Brierley e Fryirs (2005) presentes em trechos à montante de canais fluviais em áreas de baixa declividade, o que ocasiona o preenchimento desses trechos por sedimentos. Ocupam ou podem se mover por todo o fundo do vale lateralmente não confinado, com fluxo baixo, com predomínio de sedimentos em suspensão, deposição vertical de sedimentos finos em decorrência de inundações e podem ser contínuos ou descontínuos dependendo do seu estágio de ajuste. São encontrados nas cabeceiras dos rios Aduelas e Jurumirim, preenchendo os canais em uma extensão do canal de 2.921 metros e 6.209 metros, respectivamente. Nessas áreas são vistos diversos canais de primeira ordem associados e preenchidos. Essa característica

é responsável pela classificação do estilo fluvial destas áreas específicas como Vale Lateralmente Não Confinado, meandros preenchidos.

A retificação do canal foi definida como um bloqueio do tipo zona tampão, pois impede que os sedimentos entrem na rede de canais. Essa classificação se dá, pois de acordo com Marçal, et al. (2017), a canalização de trechos dos canais fluviais fez com que eles estejam funcionalmente desconectados das planícies de inundação. Nestes trechos os canais são ampliados, simétricos e retos, transportando volumes significativos de sedimentos para o estuário. A retificação foi realizada nos rios Macaé, São Pedro, Aduelas e Jurumirim. Quanto ao estilo fluvial, a retificação do canal é o principal fator utilizado para a caracterização do estilo como Vale Lateralmente Não Confinado, baixa sinuosidade (retificado).

A espacialização e caracterização dos bloqueios revelam que a distribuição dessas feições reflete as características particulares da compartimentação da bacia, determinada pelo relevo, pela geologia e, em uma escala de tempo mais atual, pelas intervenções antrópicas ocorridas no baixo curso da bacia do rio Macaé.

No alto curso da bacia do rio Macaé, área mais preservada, os bloqueios identificados parecem moldados pelas condicionantes naturais deste compartimento. Estas características vão de encontro ao comportamento e distribuição dessas feições, com destaque para os bloqueios do tipo barreira. Os depósitos de tálus no canal se concentram principalmente, em uma área de maior declividade da bacia, próxima ao compartimento do médio curso, área que, de acordo com Cabral et al., (2023), concentra as maiores declividades da bacia. Já as barras fluviais ganham espaço em trechos meandantes onde também se formam planícies de inundação ocasionais, associadas a espaços de menor entulhamento do canal. A única feição antrópica do tipo barreira no alto curso está sobreposta a uma área onde também são encontrados dois bloqueios antrópicos do tipo zona tampão: uma estrada e uma área urbana. A forma em planta dos canais do alto curso, com vales incisivos, responsáveis pelos estilos fluviais caracterizados como "vale confinado" e "vale parcialmente confinado", não favorece o surgimento das zonas tampão, os bloqueios que interferem na conectividade lateral. Essas características impedem o desenvolvimento tanto de feições naturais, como grandes planícies de inundação, quanto de áreas antrópicas, como extensas regiões urbanas ou áreas para pastagem ou agricultura. Esses padrões se refletem no mapeamento do uso e cobertura do solo do alto curso da bacia, onde predomina a classe Áreas Naturais Florestadas.

O médio curso foi a área da bacia com maior expressividade de bloqueios fluviais, longitudinais e laterais. Como destacado anteriormente, esse compartimento é o que mais evidencia o forte controle tectônico que atua na bacia. Esse controle tectônico é ocasionado principalmente pelo Granito Sana. Cabral et al., (2023), destacam que a variação litológica desempenhada pelo Granito Sana e pelas rochas do Grupo São Fidélis apresenta um controle no desenvolvimento de rupturas de declive (knickpoints) bem acentuados, sobretudo, no domínio do Granito Sana, na qual se encontram as maiores declividades da bacia. Essa variação também é evidente na distribuição dos demais tipos de bloqueios nessa área do médio curso da bacia. Nessas áreas de maior declividade, também é observada uma concentração de rampas e depósitos de tálus nos canais que não é vista em nenhuma outra área em toda a bacia. Além disso, no ponto de transição para o domínio do Grupo São Fidélis, começa a surgir uma grande quantidade de feições deposicionais de granulometria fina nos rios Ouriço e D'Antas, representadas principalmente por barras laterais.

Assim como no alto curso, a relação entre depósito de tálus no canal e ilhas fluviais se mantém no rio Macaé, ao longo de todo o trecho classificado como estilo fluvial Vale confinado, ocasionais planícies de inundação, leito rochoso. A forte presença dessa inter-relação entre essas feições mostra um padrão natural, moldado principalmente pelo relevo, declividade e o fundo de vale rochoso deste trecho do rio Macaé.

Diante do exposto, é perceptível um padrão comum nos afluentes do médio curso do rio Macaé, sobretudo nos rios Ouriço e D'Antas. Esse padrão se traduz na predominância do controle estrutural em suas áreas à montante, que por sua vez colabora para a geração de depósitos de encostas deslocamento de grandes depósitos de tálus. Esses depósitos, por sua vez, associados à transição dos tipos de rochas e de relevo, na medida em que a declividade diminui e o vale fluvial se abre nas áreas a jusante, contribuem para a ocorrência de bloqueios de granulometria fina dentro dos canais. Isso ocorre devido ao acúmulo e retrabalhamento de sedimentos provenientes das áreas de cabeceira. Já no rio Sana, afluente no qual o Granito Sana possui maior influência, as rampas e depósito de tálus no canal se fazem presentes ao longo de todo o percurso do canal.

Um padrão distante do visto nos compartimentos do alto e médio ocorre no baixo curso da bacia do rio Macaé. Nesta área é visível uma paisagem orientada pela predominância de bloqueios antrópicos. A retificação dos canais fluviais, a presença de grandes áreas de pastagem, que interfere diretamente no aumento da ocorrência de feições erosivas nas margens dos canais, além do município de Macaé, com sua alta densidade populacional, representam grandes interferências na paisagem do baixo curso da bacia do rio Macaé.

Como dito anteriormente, a retificação dos canais é uma importante interferência dessa área, não só pela desconexão dos canais fluviais com a planície de inundação, mas também pela descaracterização e interferência da evolução desta paisagem fluvial. De acordo com Assumpção e Marçal (2012), os trechos hoje retificados possuíam um padrão meandrante, com uma variedade de barras fluviais, comportamento similar ao do estilo fluvial Vale Lateralmente Não Confinado, meandro arenoso, e aponta que nos trechos retificados do rio Macaé e do rio São Pedro, houve uma redução de 20 e 9 km no comprimento, respectivamente. Isso resultou em um aumento significativo do gradiente desses canais, o que em um primeiro momento provocou a ausência de qualquer bloqueio longitudinal. Foi possível observar também, que as ilhas fluviais possuem estabilidade recente. Muitas destas feições ainda estão expostas à dinâmica do fluxo deste trecho retificado e possuem estabilidade recente.

É interessante destacar também a relação dos bloqueios identificados com os estilos fluviais da bacia. Os depósitos de tálus são predominantes nos trechos classificados como Vale confinado, ocasionais planícies de inundação, leito rochoso e Vale Parcialmente confinado, ocasionais planícies de inundação, leito rochoso. Ambos os estilos, ao serem classificados, consideraram as características do leito que concentra grandes blocos rochosos no canal fluvial. Também é notável a predominância de barras fluviais nos estilos fluviais que classificam o material do leito do rio como arenoso. Estes fatores indicam uma relação direta entre os estilos fluviais e os bloqueios que podem estar associados a eles.

## CONCLUSÃO

A caracterização e espacialização dos bloqueios fluviais são etapas fundamentais na análise da conectividade fluvial. Este estudo propôs analisar os ambientes fluviais da bacia do rio Macaé a partir da perspectiva dos bloqueios, considerando as particularidades climáticas, geológicas, geomorfológicas e antrópicas. Foram abrangidos o rio Macaé e seus principais afluentes - rios Bonito, Sana, Ouriço, D'Antas, São Pedro, Aduelas e Jurumirim – que serviram como recorte para que se fosse possível compreender o comportamento das feições fluviais, que podem desempenhar papel relevante no processo de evolução da paisagem fluvial, considerando-se a maneira pela qual interferem ou não na conectividade longitudinal e lateral da bacia.

Compreendendo a estrutura da paisagem e a natureza dos bloqueios, foi possível concluir que essas feições fluviais se distribuem conforme o contexto específico da compartimentação

natural da bacia em alto, médio e baixo curso. No alto curso, o entendimento dos fatores atuantes como a predominância de áreas florestadas, declividade e vales confinados, se reflete em um número expressivo de bloqueios naturais do tipo barreira. No médio curso da bacia, os bloqueios do tipo zona tampão, especialmente as rampas, ganham protagonismo. O que pôde ser explicado pela geologia e declividade da área. O comportamento e distribuição das feições no alto e médio curso da bacia é diferente do identificado no baixo curso, onde foi possível observar o impacto de intervenções antrópicas se refletindo na distribuição dos bloqueios fluviais, sobretudo os do tipo barreira. Isso demonstra que a avaliação das feições que atuam como bloqueio fluvial pode ser uma importante ferramenta para a compreensão do processo de evolução da paisagem fluvial.

Foi relevante concluir que a distribuição espacial dos bloqueios está em consonância com a classificação dos estilos fluviais da bacia, evidenciando que essa classificação pode ser utilizada como uma ferramenta para a identificação e validação dos bloqueios fluviais.

Diante do exposto, vale destacar que foram mapeados bloqueios além dos propostos por Fryirs *et al.*, 2007a, o que demonstra a necessidade de adaptação de acordo com o contexto específico da paisagem estudada. Pois os resultados encontrados nessa pesquisa demonstram que a existência ou ausência de bloqueios não sugere impactos negativos ou positivos em uma bacia, as particularidades devem ser levadas em conta para entender a conectividade fluvial, o que possibilita uma compreensão mais ampla do processo de evolução da paisagem e base para tomada de decisão para melhor gestão da área.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSUMPCAO, A. P.; MARÇAL, M. S. **Retificação dos Canais Fluviais e Mudanças Geomorfológicas na Planície do Rio Macaé/RJ.** Revista de Geografia, v. 29, p. 19-36, Recife, 2012.

BRIERLEY, G. J.; FRYIRS, K. A. **Geomorphology and River Management: Applications of the River Styles Framework.** Oxford, UK: Blackwell Publishing. 398 p, Oxford, 2005.

BRIERLEY, G.; FRYIRS, K.; MARÇAL, M. dos S.; LIMA, R. **The use of the River Styles Framework as a tool to ‘work with nature’ in managing rivers in Brazil: examples from the Macaé catchment.** Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 20, n. 4, 2019.

BRUNSDEN, D. **A Critical Assessment of the Sensitivity Concept in Geomorphology.** Catena, v. 42, n. 2-4, p. 99-123, 2001.

CABRAL, G. P.; MARÇAL, M. S.; SILVA, T. P.; SILVA, L. O.; RAMOS, R. C. **Geomorphological study of the drainage network to investigate the influence of active tectonics in the Macaé-RJ catchment / Estudo geomorfológico da rede de drenagem para investigação da influência da tectônica ativa na bacia do rio Macaé-RJ.** William Morris Davis - Revista de Geomorfologia, v. 4, n. 1, p. 1–21, 2023.

CABRAL, G. K. P.; MARÇAL, M. S. **Identificação de anomalias de drenagem na bacia do Rio Macaé (RJ) por meio do índice relação declividade-extensão – RDE como subsídio à metodologia dos estilos fluviais.** Humboldt - Revista de Geografia Física e Meio Ambiente, v. 2, n. 1, 2024.

CHORLEY, R. J.; KENNEDY, B. A. **Physical Geography: A Systems Approach**. London: Prentice Hall, 370p, London, 1971.

DANTAS, M. E. **Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro**. Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Rio de Janeiro, 2000.

DANTAS, M. E. (Org.). **Biblioteca de padrões de relevo: carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação**. CPRM. Rio de Janeiro, 2016.

DUARTE, N. S.; MARÇAL, M. S. **Conectividade da Paisagem na Bacia do rio Sana (RJ): Relação entre Áreas de Captação Efetiva e Tipos de Bloqueios**. Revista Brasileira de Geomorfologia. v. 18, p. 755, Rio de Janeiro, 2017.

FRYIRS, K. **(Dis)connectivity in Catchment Sediment Cascades: a fresh look at the sediment delivery problem**. Earth Surface Processes and Landforms. p. 30-46, v. 38. 2013.

FRYIRS, K. A.; BRIERLEY, G. J.; PRESTON, J. N.; KASAI, M. **Buffers, barriers and blankets: The (Dis)connectivity of Catchment-scale Sediment cascades**. Catena, v. 70, p. 49-67, 2007a.

HARVEY, A.M. **Effective timescales of coupling within fluvial systems**. Geomorphology. V. 44, p. 175–201, 2002.

HOOKE, J.; SOUZA, J. O. P. **Challenges of mapping, modelling and quantifying sediment connectivity**. EARTH-SCIENCE REVIEWS. v. 223, p. 103847, 2021.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE – INEA. **Relatório de Elaboração do Plano de Recursos Hídricos (RPRH)**. Versão final revisada. 2014.

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, p. 449, 2015

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.

MARÇAL, M. S.; CASTRO, A. O. C.; LIMA, R. N. S. **Geomorfologia fluvial e gestão dos rios no Brasil**. UGB-União da Geomorfologia Brasileira. Revisões da Literatura da Geomorfologia Brasileira, v. 9, p. 240-264, 2022.

POEPPL, R. E.; FRYIRS, K. A.; TUNNICLIFFE, J.; BRIERLEY, G. **Managing Sediment (Dis)connectivity in Fluvial Systems**. Science of the Total Environment. v. 736, p.20, 2020.

THOMAS, M. F. **Landscape Sensitivity in Time and Space — an introduction**. Catena 42, p. 83–98, 2001.