

CLASSIFICAÇÃO DE RIOS EM AMBIENTES MODIFICADOS E CONTROLADOS POR ATIVIDADES HUMANAS: O CASO DO RIO PIRAÍ (RJ)

CLASSIFICATION OF RIVERS IN ENVIRONMENTS MODIFIED AND CONTROLLED BY HUMAN ACTIVITIES: THE CASE OF THE PIRAÍ RIVER (RJ)

CLASIFICACIÓN DE RÍOS EN AMBIENTES MODIFICADOS Y CONTROLADOS POR ACTIVIDADES HUMANAS: EL CASO DEL RÍO PIRAÍ (RJ)

GIOVANNA DA SILVA RAMOS ¹
MÔNICA DOS SANTOS MARÇAL ²
GUSTAVO KISS PINHEIRO CABRAL ³

¹ Graduanda em Bacharel em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro/UFRJ.
E-mail: gr.giovannaramos@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0226-4913>.

² Professora Titular do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio Janeiro (UFRJ), Instituto de Geociências.
E-mail: monicamarcal@igeo.ufrj.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2674-5380>.

³ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro / UFRJ.
E-mail: gustavocabral@ufrj.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7647-8962>.

RESUMO

As principais bacias hidrográficas do Brasil apresentam intervenções que impõem modificações e têm chamado atenção à necessidade da Geomorfologia de compreender o papel desempenhado pelas alterações ocorridas nos sistemas fluviais e considerar como um de seus controladores primários. A metodologia dos Estilos Fluviais permite a adaptação da classificação de rios para compreensão de elementos artificiais incorporados nos canais fluviais. A bacia do Rio Pirai está localizada na porção oeste do estado do Rio de Janeiro e compõe o Sistema Guandu, apresentando diferentes obras hidráulicas. O trabalho foi construído em três etapas: Delimitação da Bacia, levantamento das obras hidráulicas e classificação dos estilos fluviais. Identificou-se seis estilos fluviais, dos quais os três últimos são diretamente controlados pelas obras hidráulicas que impõem modificações na morfologia do canal.

Palavras-chave: Rios Antrópicos. Intervenções Hidráulicas. Estilos Fluviais. Classificação de Rios.

ABSTRACT

The main watersheds in Brazil present interventions that impose modifications and have drawn attention to the need for Geomorphology to understand the role played by changes in river systems and consider them as one of their primary controllers. The River Styles methodology allows the adaptation of the classification of rivers to understand the artificial elements incorporated in the fluvial channels. The Pirai River basin is located in the western portion of the state of Rio de Janeiro and comprises the Guandu System, featuring different hydraulic works. The work was built in three stages: Delimitation of the Basin, survey of hydraulic works and classification of river styles. Six river styles were identified, of which the last three are directly controlled by hydraulic works that impose changes in the morphology of the channel.

Palavras-chave: Anthropic Rivers. Hydraulic Interventions. River Styles. Classification of Rivers.

RESUMEN

Las principales cuencas hidrográficas de Brasil presentan intervenciones que imponen modificaciones y han llamado la atención sobre la necesidad de que la Geomorfología comprenda el papel desempeñado por los cambios en los sistemas fluviales y los considere como uno de sus principales controladores. La metodología de Estilos Fluviales permite adaptar la clasificación de los ríos para comprender los elementos artificiales incorporados en los cauces fluviales. La cuenca del río Pirai está ubicada en la porción occidental del estado de Rio de Janeiro y comprende el Sistema Guandu, presentando diferentes obras hidráulicas. La obra se construyó en tres etapas: Delimitación de la Cuenca, levantamiento de obras hidráulicas y clasificación de estilos de ríos. Se identificaron seis estilos de río, de los cuales los tres últimos están controlados directamente por obras hidráulicas que imponen cambios en la morfología del cauce.

Palavras-chave: Ríos Antrópicos. Intervenciones Hidráulicas. Estilos Fluviales. Clasificación de Ríos.

INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas compreendem em sua paisagem diferentes processos biofísicos e socioculturais que, de forma conjunta, atuam em diferentes escalas espaciais e temporais (MARÇAL *et al.*, 2022). Nas últimas décadas, avanços importantes em termos de pesquisas científicas, nos mais diversos campos de atuação, estão voltados para compreender as múltiplas respostas dos processos condicionantes e controladores das paisagens fluviais, fundamentais para a preservação dos recursos naturais e em especial os relacionados aos recursos hídricos.

Nesse contexto, o caráter dinâmico dos processos fluviais e a multiescalaridade dos fatores socioambientais envolvidos imprimem importantes desafios metodológicos nos estudos sobre os rios, frente às mudanças climáticas em curso e ao período do que está sendo denominado de Antropoceno (CRUTZEN, 2002; LUZ e MARÇAL, 2010; WHITEREAD, 2014).

No campo da geomorfologia, a abordagem da antropogeomorfologia ganha importância cada vez maior por trabalhar a influência humana na geração e modificação das formas de relevo (RODRIGUES, 2005), cujas origens e propósitos são bastante diversificados e criadas pela ação da sociedade humana (GOUDIE, 1981; RODRIGUES, 2005; SZABÓ, 2010). Importante também destacar que a ênfase de um olhar mais crítico em relação à gestão dos recursos hídricos considerando as dinâmicas dos processos políticos e sociais relacionados à evolução dos rios é fundamental para se alcançar as respostas aos problemas que ocorrem nos ambientes fluviais e suas bacias hidrográficas. (LAVE, *et al.*, 2018; MARÇAL, *et al.*, 2022).

Por muitos anos os canais fluviais foram considerados pelos geomorfólogos apenas como “condutores” para o escoamento das águas e como meio de transporte para os sedimentos produzidos pela bacia hidrográfica (BRIERLEY, 2020; MARÇAL e LIMA, 2016; MARÇAL *et al.*, 2022). Essa forma de análise sobre os rios foi influenciada por longos anos pela engenharia hidráulica fundamentadas no conceito de regime permanente. Essa visão sobre os rios tendeu a simplificar a complexidade de alguns sistemas fluviais dificultando a visão ampliada dos problemas para a escala da bacia hidrográfica. Com isso, as classificações dos rios, ferramenta metodológica que busca organizar as informações referentes às feições dos canais com base nas suas similaridades e relações (BRIERLEY e FRYIRS, 2005), eram baseadas na morfologia do canal sem considerar o ajuste dinâmico ou a evolução do sistema fluvial.

O crescente reconhecimento do fato de que os rios raramente estão em equilíbrio dinâmico levou os engenheiros e gestores a preverem as mudanças no canal em curto e médio prazo. Como resposta, geomorfólogos começaram a desenvolver novos esquemas de classificação de rios baseados nos processos de ajuste e tendências de mudança de canais, mais do que a morfologia do canal e feições de sedimentos (BRIERLEY e FRYIRS, 2005).

Apesar dos avanços, a metodologia de classificação dos rios fundamentada em tais princípios ainda se depara com importantes questões relacionadas aos controladores da dinâmica fluvial. A grande ocorrência de obras hidráulicas nos sistemas fluviais, que modificam e controlam em grande parte o regime do fluxo dos canais através de margens artificiais e das mudanças nos níveis de base dos rios, impõem novos ajustes e mudanças nos padrões dos rios. Isso demanda, por sua vez, novas interpretações de tipologias sobre os trechos de rios antropicamente modificados e controlados pela atividade humana.

Nesse sentido, a influência das atividades humanas nos sistemas fluviais vem se configurando como novo controlador e tem chamado atenção à necessidade de considerarmos como um dos seus controladores primários. No entanto, a geomorfologia fluvial assim como em outros campos das ciências que estudam os rios, têm como desafio metodológico buscar

compreender o papel desempenhado pelas alterações históricas ocorridas nos sistemas fluviais controlados pelas atividades humanas (MARÇAL, *et al.*, 2022).

As recentes metodologias de classificação de rios, como exemplo a dos Estilos Fluviais (BRIERLEY e FRYIRS, 2005), permitem sua adaptação para compreensão de elementos artificiais incorporados nos canais fluviais, possibilitando identificar espacialmente e analisar as formas e os processos derivados a partir das novas condições impostas ao sistema fluvial. Indo nessa direção, Wheaton *et al.*, (2015) apresentam uma taxonomia das feições geomorfológicas fluviais que inserem variáveis antropogênicas nas definições das margens fluviais e dos elementos estruturais do rio.

Desde a colonização portuguesa, há no Brasil um intenso histórico de intervenções diretas sobre os diferentes e importantes rios, tais como barragens, transposições, retificação de canais, dentre outros, que foram realizadas sob a demanda de controle da vazão, produção de energia elétrica, de terras para atividades econômicas etc. Todas essas intervenções modificaram as paisagens fluviais e implicaram em novas dinâmicas que propulsionam novas respostas ante diferentes distúrbios e/ou perturbações.

Nesse sentido, o trabalho busca apresentar a classificação de rios para a Bacia do rio Piraí, localizada no oeste do estado do Rio de Janeiro, considerando-se as inúmeras obras hidráulicas no seu sistema fluvial desde o início do século XX. Tais intervenções vêm estabelecendo novos elementos antropogênicos à sua classificação. Busca-se incorporar uma tipologia dos segmentos dos rios antropicamente controlados e modificados no sentido de contribuir aos estudos dos rios antropogênicos.

O rio Piraí, originalmente, pertencia à Bacia do rio Paraíba do Sul como um de seus afluentes pela margem direita, desaguando na altura da cidade de Barra do Piraí, próximo a cota 351,5 metros. O seu sistema fluvial foi bastante descaracterizado pelas obras hidráulicas construídas com a finalidade de integrá-lo ao Sistema Guandu que abastece a Região Metropolitana do Rio de Janeiro. A construção de obras hidráulicas na área do médio e baixo curso inverteram o fluxo do rio Piraí para que as águas sejam transpostas ao rio Guandu, tornando a bacia uma espécie de trampolim para o aumento da vazão do rio Guandu.

Atualmente o Sistema Guandu é composto pelas bacias dos rios Paraíba do Sul, Piraí, Guandu, da Guarda, Guandu-Mirim e bacias litorâneas. No entanto, o Plano de Bacia não considera a bacia do rio Paraíba do Sul como integrante do Sistema, apesar de estar interligada, mesmo que de forma artificial. Outra observação importante seria que as bacias dos rios da Guarda e Guandu-Mirim correspondem à planície fluvial do rio Guandu, mas que estão desconectadas do canal principal do Guandu por canais artificiais com múltiplas finalidades para atender demandas econômicas históricas.

A compreensão sobre os rios e a maneira pela qual se comportam no sistema, com novos ajustes e mudanças impostas na sua trajetória ambiental, são pré-requisitos fundamentais às respostas frente aos novos desafios. O conhecimento sobre a evolução dos processos físicos e socioeconômicos do rio Piraí são estrategicamente importantes para as garantias do abastecimento da segunda maior metrópole brasileira, mas, sobretudo, à gestão das paisagens fluviais degradadas de sua bacia em detrimento da população local. Com isso, a desconfiguração e desconexão da rede de drenagem do rio Piraí para atender demandas econômicas da sociedade, por si só já impõe a importância de estudos voltados à compreensão da geomorfologia fluvial no contexto do Sistema Guandu.

ÁREA DE ESTUDO

Contexto Geológico-Geomorfológico

A Bacia do rio Pirai está inserida no segmento central do Cinturão Móvel Ribeira ou Faixa Móvel Ribeira, que corresponde a uma unidade geotectônica composta por complexos ortoderivados paleoproterozoicos, complexos paragnáissicos neoproterozoicos e suítes intrusivas neoproterozoicas/eopaleozoicas. Essas rochas correspondem ao embasamento regional e ocorrem como corpos alongados e fortemente orientadas segundo *trend* estrutural NNE-SSW e NE-SW (HEILBRON *et al.*, 2004).

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 (ASMUS e FERRARI, 1978), além de outros eventos mais modernos considerados como neotectônico que deram origem às montanhas desse cinturão orogênico, que são as serras do Mar e da Mantiqueira bem como o Maciço Carioca e depressões intermediárias (os atuais grábens do Paraíba do Sul e da Baixada Fluminense). A Serra do Mar, segundo Almeida (1967, 1976), teria sido soerguida mais intensamente entre o Cretáceo Superior e o Paleoceno. Estes processos de ascensão, além de terem formado as serras do Mar e da Mantiqueira, produziram um volume importante de sedimentos detríticos que foram distribuídos para as bacias do Paraná, de Santos e Campos, além de terem sido acompanhados de manifestações de vulcanismo básico e alcalino.

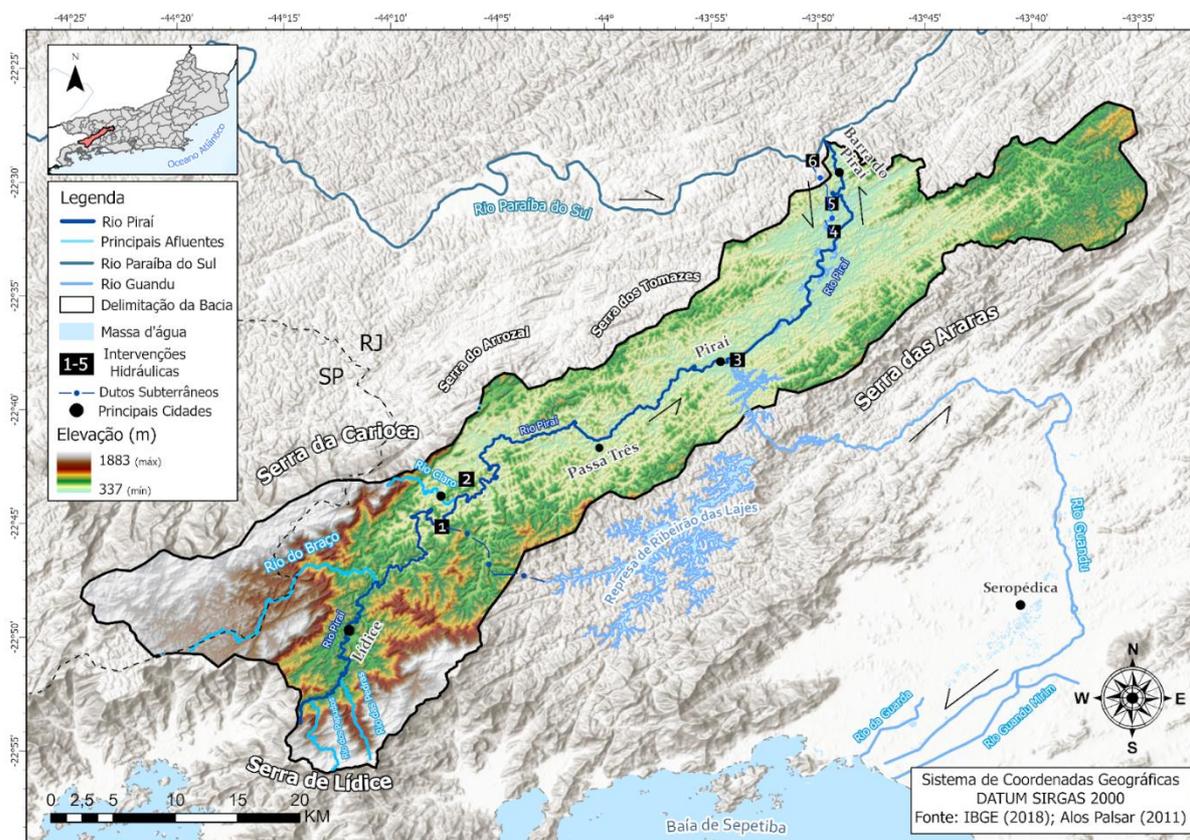
Esse conjunto de serras e grabens fazem parte da paisagem do sudeste brasileiro e correspondem ao Sistema de *Riftes* Continentais do Sudeste do Brasileiro (ALMEIDA, 1976; RICCOMINI, 1989) ou Sistema de *Riftes* Cenozóicos do Sudeste do Brasil (ZALÁN e OLIVEIRA, 2005), sendo marcadas por falhas alinhadas com tendência estrutural NNE-SSW e NE-SW, que desde então vem sendo reafeiçoadas por processos superficiais que atuaram no Cenozóico e deixaram suas marcas na paisagem através das feições erosivas e deposicionais (MOURA e MEIS, 1979,1986; COELHO NETTO *et al.*, 1994) e por reativação dessas falhas por atividades neotectônicas regionais (CPRM, 2007).

A área da Bacia do rio Pirai apresenta forma alongada com distribuição das suas unidades geológicas seguindo o *trend* estrutural NNE-SSW, com o predomínio de ortognaisses tonalíticos a graníticos, bandados e migmatíticos, com lentes de metabasito associadas, além da ocorrência subordinada de ortogranulitos enderbitos como corpos lineares, contando, também, com aplitos graníticos cinzentos e rosados (CPRM, 2007). Com isso, a configuração morfoestrutural e morfotectônica da região sudeste brasileiro reflete a influência da geologia sobre a configuração dos vales fluviais e no desenvolvimento da rede de drenagem.

A Bacia do rio Pirai e as intervenções no sistema hidrográfico

A bacia ocupa área de aproximadamente 1.100 km² sendo que sua drenagem principal se estende por 110 km, desde a nascente localizada nas serras do distrito de Lídice em Rio Claro (RJ) com aproximadamente 960 metros, até desembocar no rio Paraíba do Sul (Figura 1). Em 1913, a partir da construção do Reservatório de Tocos e o túnel hidráulico que liga Tocos ao Reservatório de Lajes pela Light S/A, foi realizada a transposição entre os rios Pirai e Guandu, ampliando a vazão média defluente na Usina Hidrelétrica Fontes (atual Fontes Velhas) para o Ribeirão das Lajes que passou de 5,6 m³/s para 18,2 m³/s, passando a ser, então, o principal rio formador do Guandu (JORDÃO, 2017).

Figura 1 - Localização da Bacia do rio Pirai e das principais intervenções hidráulicas: 1) Barragem de Tocos e Transposição; 2) Reservatório de Tocos; 3) Elevatória de Vigário e Reservatório de Vigário 4) Barragem de Santana 5) Reservatório de Santana e 6) Elevatória Santa Cecília e Transposição.



Fonte: elaborado pelos autores.

Após essa transposição, outras foram realizadas tanto pela Light Serviços de Eletricidade S/A (LIGHT S/A), quanto pela Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro (CEDAE/RJ), como a obra de transposição Paraíba do Sul-Pirai-Guandu em 1953, em que houve ampliação do potencial hidrelétrico a partir de um aumento drástico de vazão, sendo até então a principal obra de transposição implantada no Brasil (KELMAN *et al.*, 2013) e introduz quatro novos reservatórios nas áreas da bacia e ao seu entorno, sendo eles: Santa Cecília, Santana, Vigário e Ponte Coberta (JORDÃO, 2017). A Bacia do rio Pirai se torna, então, importante para o abastecimento e formação do rio Guandu que, além de servir como ponte para a transposição do Paraíba do Sul para o Sistema Guandu, sofre diferentes intervenções hidráulicas a fim de continuar suprindo as demandas hídricas da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. De acordo com Araújo *et al.*, (2009), a Bacia do Pirai chegou a produzir uma vazão natural de 20,7 m³/s, recebendo contribuição de quatro afluentes principais (rios das Pedras, Papudo, Claro e do Braço), onde quase todo o seu volume é desviado para a Bacia do rio Guandu.

Os municípios de Rio Claro, Pirai e Barra do Pirai fazem parte da Bacia do rio Pirai e são caracterizados como áreas rurais, com predominância do uso do solo para a silvicultura e manejo de campo (IBGE, 2018), tendo maior urbanização apenas em sua foz. De acordo com o censo IBGE de 2022 a população destes municípios corresponde a cerca de 98.000 habitantes

cada, onde se destaca que a população de Barra do Piraí sofre com a má condição de suas águas em razão, principalmente, dos esgotos advindos das transposições (SEA PROJECT, 2013).

MATERIAIS E MÉTODOS

O procedimento metodológico contou com três etapas: delimitação da bacia, levantamento das obras hidráulicas e classificação dos Estilos Fluviais. As etapas foram elaboradas com auxílio do *Software Google Earth Pro* para visualização dos segmentos fluviais, *Arcgis Pro* para elaboração dos mapas e *Excel* para tabulação dos dados.

A delimitação da Bacia do rio Piraí foi realizada com auxílio da base cartográfica contínua do estado do Rio de Janeiro, na escala 1:25.000, disponibilizado pelo IBGE (2018) e imagens de satélite *Alos Palsar*, adquiridas na plataforma *Alaska Satellite Facility - Distributed Active Center*, além da identificação das unidades geomorfológicas da área de estudo a partir dos dados de Silva (2002).

O levantamento das obras hidráulicas se deu a partir de dados do Acervo digital disponível nas plataformas *online* da LIGHT S/A e CEDAE. Nesta etapa, com suporte do *Software Google Earth Pro*, as obras hidráulicas visíveis pelo *Software* foram vetorizadas e convertidas em formato *Shapefile (Shp.)* para processamento no *Arcgis Pro*.

A classificação dos Estilos Fluviais seguiu as etapas propostas por Brierley e Fryiris (2005), utilizando-se as imagens de satélites disponíveis no *Software Google Earth Pro* e trabalhos de campo para coleta e validação das informações. Ressalta-se que a nomenclatura de cada Estilo Fluvial está baseada nas orientações de Brierley *et al.*, (2019), sendo que, para os segmentos de rios antropicamente modificados e controlados, incorporou-se a influência de cada obra hidráulica na dinâmica de cada trecho selecionado. Por exemplo, a tipologia do “Estilo Fluvial Antropicamente Controlado por Barragem e Transposição, em Vale Parcialmente Confinado, canal sinuoso e leito arenoso” ficou nomeado com o código: “*EF-ACBT-VPC canal pouco sinuoso e leito arenoso*”. Para cada Estilo Fluvial foram levantados os principais atributos físicos e sistematizados em uma tabela elaborada no programa Excel.

RESULTADOS

Unidades geomorfológicas e o confinamento dos vales fluviais

A compartimentação geomorfológica da Bacia do rio Piraí apresenta quatro níveis altimétricos condicionados pela estrutura geológica da região, na qual reflete o grau de confinamento dos vales em relação aos rios, uma vez que a diferenciação entre os compartimentos altera os ajustes laterais e verticais exercido pelos rios. De acordo com o mapeamento proposto por SILVA (2002), foram identificadas as seguintes unidades geomorfológicas: Serras Escarpadas (acima de 400 metros); Serras Isoladas e Locais (200 a 400 metros); Morros (100 a 200 metros) e Colinas (20 a 100 metros).

Nas áreas do alto curso da bacia predominam as unidades de Serras Escarpadas e Serras Isoladas e Locais, onde a maior altitude está localizada nas áreas da nascente do rio Piraí com 956 metros. O relevo é montanhoso com vertentes íngremes, apresentando desnivelamentos de 373 metros, vales profundos com a presença de paredões rochosos. Nestas unidades há a predominância de ocorrência de segmentos caracterizados como vales confinados, em que há alta conectividade lateral das encostas com o rio, sendo, estes, incisos em seus vales e sem capacidade de ajustes laterais (Figura 2).

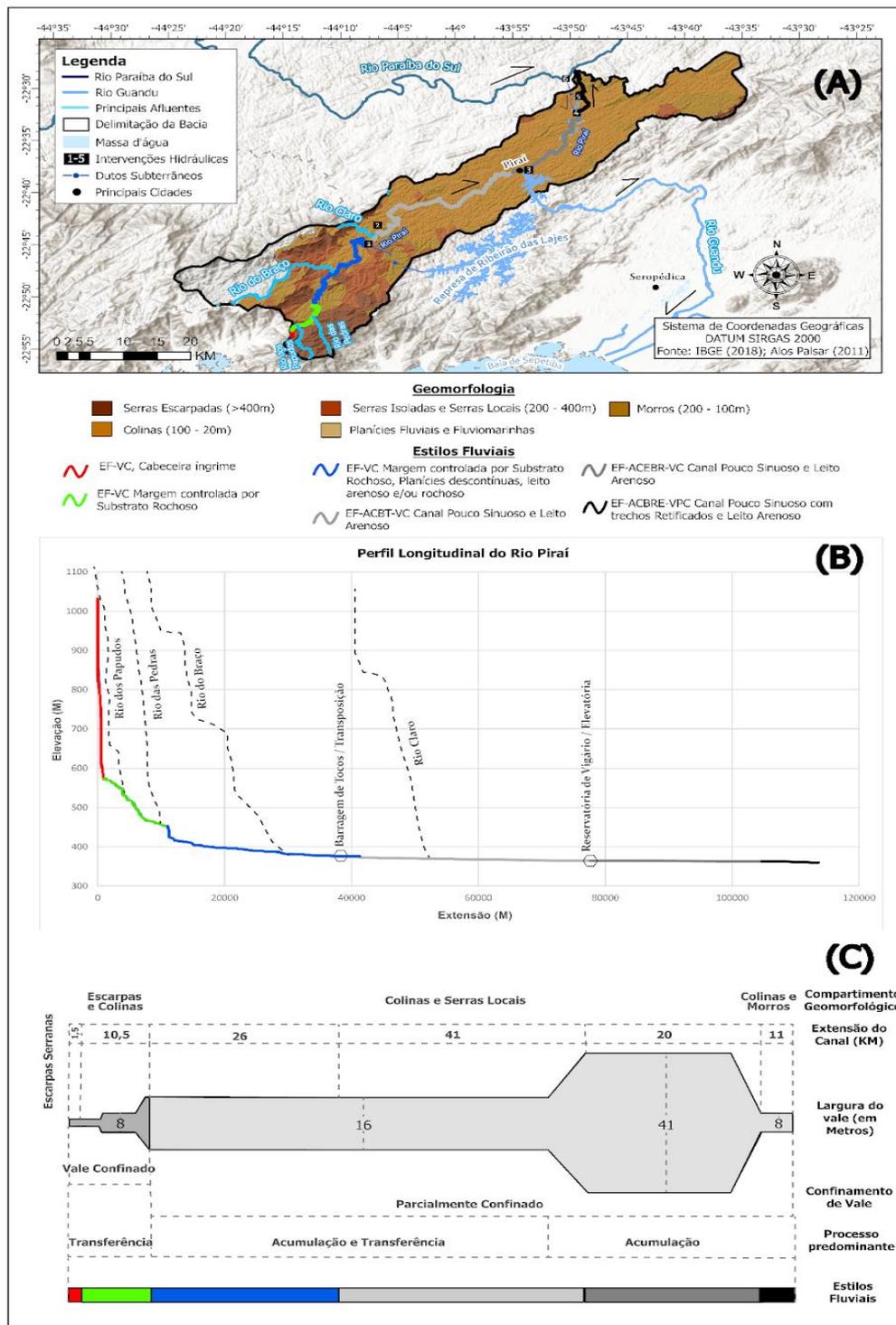
Nas áreas correspondentes ao médio e baixo curso da bacia há o predomínio de feições que se caracterizam como áreas de relevo de transição, com as menores declividade, onde

predominam Colinas com a ocorrência de Morros isolados, em que há vertentes mais suaves, menor amplitude altimetria, variando entre 20 e 100 metros. Nesses compartimentos de relevo os vales se caracterizam, predominantemente, como parcialmente confinados, em que há ocorrência de planícies de inundação descontínuas em razão da dissecação do relevo. Há o predomínio de feições deposicionais como ilhas, barras laterais e longitudinais, dentre outras. Entretanto, a instalação de barragens e reservatórios ao longo do rio Piraí proporciona maior estocagem de sedimentos nesse segmento e altera a velocidade do fluxo. Logo, mesmo em áreas de relevo mais suave apresentam também forte potencial erosivo em determinados trechos do rio devido às modificações impostas pelas obras.

Os Estilos Fluviais e os principais ajustes geomorfológicos

A Bacia do rio Piraí apresenta seis Estilos Fluviais, dos quais os três localizados mais à montante estão definidos sobre seu curso natural, enquanto os demais estão caracterizados em canal antropicamente modificado por obras hidráulicas (**Figura 2**). A definição dos Estilos Fluviais evidencia as diferentes características sobre o caráter e comportamento dos processos fluviais que foram identificados a partir do grau de confinamento dos vales, a forma em planta do canal, as feições geomorfológicas no canal e pelos seus principais controladores ambientais e/ou antrópicos. A **Tabela 1** apresenta os principais atributos para cada Estilo Fluvial identificado e a Tabela 2 os parâmetros morfométricos analisados.

Figura 2 – Diversidade de comportamento dos rios na Bacia do rio Piraí. (A) Estilos Fluviais no sistema fluvial da bacia; (B) Perfil longitudinal do rio Piraí e seus principais afluentes. (C) Largura (em metro) e extensão do canal (em quilômetros) em relação ao seu confinamento e comportamento.



Fonte: elaborado pelos autores.

Tabela 1 – Principais atributos físicos dos Estilos Fluviais na Bacia do rio Piraí.

Estilo Fluvial	Configuração do Vale	Compartimento Geomorfológico	Caráter do rio			Tipo de Ajuste
			Forma em Planta do Canal	Unidade Geomorfológica	Material do Leito	
1	Confinado	Escarpas Serranas	Canal único, pouco sinuoso	Degraus, blocos rochosos	Rochoso	Vertical
2	Confinado	Escarpas Serranas e Colinas	Canal único, pouco sinuoso	Degraus, blocos rochosos com corredeiras e afloramento rochoso	Rochoso	Vertical e Longitudinal
3	Parcialmente confinado	Colinas e Serras Locais	Canal único, sinuoso, com trechos retilíneos	Planícies de inundação ocasionais, barras laterais e em pontal, ilhas vegetadas, corredeiras e blocos rochosos	Rochoso e/ou areoso	Lateral
4	Parcialmente confinado	Colinas e Serras Locais	Canal único, pouco sinuoso	Barras laterais e em pontal, corredeiras e pontual afloramento rochoso	Arenoso	Lateral
5	Parcialmente confinado	Colinas e Serras Locais	Canal único, pouco sinuoso com trechos retilíneos	Barras laterais e em pontal, corredeiras e pontual afloramento rochoso	Arenoso	Lateral
6	Parcialmente confinado	Colinas e Morros	Canal único, pouco sinuoso, com trechos retificados	Planícies de inundação contínuas	Arenoso	Lateral

(1) EF-VC cabeceira íngreme; (2) EF-VC margem controlada pelo substrato rochoso; (3) EF-VPC margem controlada pelo substrato rochoso, planícies descontínuas, leito arenoso e/ou rochoso; (4) EF-ACBT-VC canal pouco sinuoso e leito arenoso; (5) EF-ACEBR-VC canal pouco sinuoso com trechos retilíneos e leito arenoso; (6) EF-ACBRE-VPC canal pouco sinuoso com trechos retificados e leito arenoso. **Fonte:** elaborado pelos autores.

Tabela 2 - Principais parâmetros morfométricos para cada Estilo Fluvial na Bacia do rio Pirai.

Estilo Fluvial	Extensão (M)	Elevação (M)		Amplitude Altimétrica (M)	Declividade (Embrapa)	Largura Média do Vale (M)
		Máx	Min			
1	1500	966	595	371	Montanhoso	2,99
2	10.640	595	536	59	Forte-Ondulado	8,13
3	25.960	536	455	81	Forte-Ondulado	16,75
4	40.990	455	365	90	Ondulado	15,83
5	20.200	365	359	6	Suave-Ondulado	41,44
6	11.000	359	351	8	Suave-Ondulado	8,19

(1) EF-VC cabeceira íngreme; (2) EF-VC margem controlada pelo substrato rochoso; (3) EF-VPC margem controlada pelo substrato rochoso, planícies descontínuas, leito arenoso e/ou rochoso; (4) EF-ACBT-VC canal pouco sinuoso e leito arenoso; (5) EF-ACEBR-VC canal pouco sinuoso com trechos retilíneos e leito arenoso; (6) EF-ACBRE-VPC canal pouco sinuoso com trechos retificados e leito arenoso. **Fonte:** elaborado pelos autores.

O Estilo Fluvial em Vale Confinado, cabeceira íngreme (*EF-VC cabeceira íngreme*) foi identificado no alto curso da bacia em áreas de nascentes, caracterizado como um trecho bem preservado com presença de formação florestal de Mata Atlântica densa (IBGE, 2018) e em trechos escarpados. Apresenta leito rochoso em vales estreitos e confinados, e, portanto, baixa capacidade de ajuste lateral com forte tendência a ajuste vertical, além de alta capacidade de produção e transporte de sedimentos (Figura 2 e Tabelas 1 e 2).

O Estilo Fluvial em Vale Confinado, com margem controlada pelo substrato rochoso (*EF-VC com margem controlada pelo substrato rochoso*) está presente em áreas de domínio de Serras Isoladas e Locais e de Morros, tendo seus vales fortemente condicionados pelos compartimentos geomorfológicos locais. Nesses segmentos, há uma elevada conectividade lateral com as encostas e os vales são encaixados, com pouca capacidade de ajuste. Há a presença de degraus rochosos com corredeiras, além de afloramentos rochosos. Sua forma em planta é pouco sinuosa e apresenta canal único. Dentro de tal trecho o caráter erosivo é predominante, dada a sua declividade (Figura 2 e Tabelas 1 e 2).

O Estilo Fluvial em Vale Parcialmente Confinado, margem controlada pelo substrato rochoso, planícies descontínuas, leito arenoso e/ou rochoso (*EF-VPC margem controlada pelo substrato rochoso, planícies descontínuas, leito arenoso e/ou rochoso*) ocorrem em áreas menos elevadas em relação ao trecho à montante, de domínio de Morros e Colinas, que, devido a ocorrência de planícies descontínuas e a menor declividade, há a possibilidade de ajustes laterais do canal, diminuindo o seu poder erosivo (Tabela 2). Nesse trecho de rio, o canal é único e com baixa sinuosidade, apresentando barras laterais e em pontal, ilhas vegetadas alternando com a presença de corredeiras e blocos rochosos. Há um aumento na largura do canal (média de 17 metros, sendo o dobro da largura do canal, em relação aos Estilos Fluviais em vales confinados) e conseqüente aumento na vazão do rio, que, em eventos de cheias, pode inundar as áreas das planícies que estão urbanizadas e com pouca cobertura florestal (Figura 2 e Tabelas 1 e 2).

O Estilo Fluvial Antropicamente Controlado por Barragem e Transposição, em Vale Parcialmente Confinado canal sinuoso e leito arenoso (*EF-ACBT-VPC canal pouco sinuoso e leito arenoso*) corresponde ao trecho controlado pela Barragem de Tocos e a Transposição das águas do rio Piraí para o rio Guandu. A transposição restringe o volume de água e sedimento que segue à jusante, enquanto a barragem estabelece um novo nível de base local e, em conjunto com a transposição, controla escoamento e vazão do canal. Esse controle da vazão impacta na velocidade do fluxo e aporte sedimentar, alterando o comportamento fluvial, que passa a apresentar um comportamento erosivo. O segmento do canal apresenta largura média de 15,83 metros e caracteriza-se como único e pouco sinuoso com a presença de unidades geomorfológicas como barras fluviais, corredeiras e trechos com afloramentos rochosos (Figura 2 e Tabelas 1 e 2).

O Estilo Fluvial Antropicamente Controlado por Elevatória, Barragem e Reservatório, em Vale Parcialmente Confinado, canal pouco sinuoso com trechos retilíneos e leito arenoso (*EF-ACEBR-VPC canal pouco sinuoso com trechos retilíneos e leito arenoso*) é o trecho que apresenta características mais divergentes dos demais segmentos do rio (Tabela 2). Apesar do fluxo do rio percorrer o domínio de relevo colinoso, devido a construção da Elevatória de Vigário, há um aumento de vazão neste trecho, inundando as planícies e demais espaços do vale, aumentando a conectividade lateral do rio com suas encostas e se caracterizando, a partir deste trecho, como vale antropicamente confinado. A Barragem de Santana, assim como a de Tocos, retém os sedimentos e a vazão, alterando a velocidade do fluxo que, em conjunto com a construção da Elevatória, aumenta o aporte sedimentar do trecho que, com baixa capacidade de vazão, apresenta a ocorrência de feições como barras laterais e em pontal. O Reservatório de Vigário, por sua vez, represa a água e os sedimentos do rio que chegam até o local, alterando a dinâmica de um ambiente lótico para lêntico. Com 41,44 metros de largura média, o canal apresenta caráter único e pouco sinuoso com trechos retilíneos encaixados sobre estrutura geológica (Figura 2 e Tabelas 1 e 2).

O Estilo Fluvial Antropicamente Controlado por Barragem, Reservatório, Elevatória e Transposição em Vale Parcialmente Confinado, canal pouco sinuoso, com trechos retificado e leito arenoso (*EF-ACBRE-VPC canal pouco sinuoso com trechos retificado e leito arenoso*) é o trecho localizado mais a jusante do rio Piraí, já na desembocadura com o rio Paraíba do Sul, onde suas planícies encontram-se urbanizadas e o canal retificado. Responde, principalmente, à Barragem de Santana, uma vez que há, novamente, um controle de sua vazão e diminuição do aporte sedimentar. Neste sentido, o canal se torna mais erosivo e incide em seu próprio leito, tendo um comportamento semelhante aos segmentos que ocorrem nas áreas de nascente. Mais próximo ao seu encontro com o rio Paraíba do Sul, há o Reservatório de Santana (que também recebe um fluxo advindo do Paraíba do Sul a partir de túneis de transposição), onde parte do rio é desviado e, este, é represado. Há ainda a construção da Elevatória de Santa Cecília localizada no rio Paraíba do Sul, próximo à desembocadura da bacia do rio Piraí, que inverte o sentido deste em 180°, tornando o Reservatório de Santana o seu atual exutório, ou seja, o rio Piraí deixa de desaguar no rio Paraíba do Sul (Figura 2 e Tabelas 1 e 2).

DISCUSSÃO

Apesar do rio Piraí ter sua desembocadura voltada para a Bacia do rio Paraíba do Sul, a identificação dos seis Estilos Fluviais apresentam algumas similaridades com os rios fluminenses voltados para a vertente atlântica da Serra do Mar (MARÇAL *et. al* 2017; SANTANA e MARÇAL, 2020; SANTOS e MARÇAL, 2021). As semelhanças estão tanto em relação ao percurso dos rios em canais fluviais alterados ou não antropicamente. Ou seja, nas áreas mais a montante tem-se os Estilos Fluviais em vales confinados com cabeceira íngreme e

com planícies ocasionais, onde com a transição de relevo passam a ser vales parcialmente confinados controlados por substratos rochosos, terraços fluviais ou pela própria vertente das colinas. Já nas áreas mais baixas ocorrem as amplas planícies de inundação com os vales não confinados que, em grande parte, têm seus canais alterados por obras de engenharia.

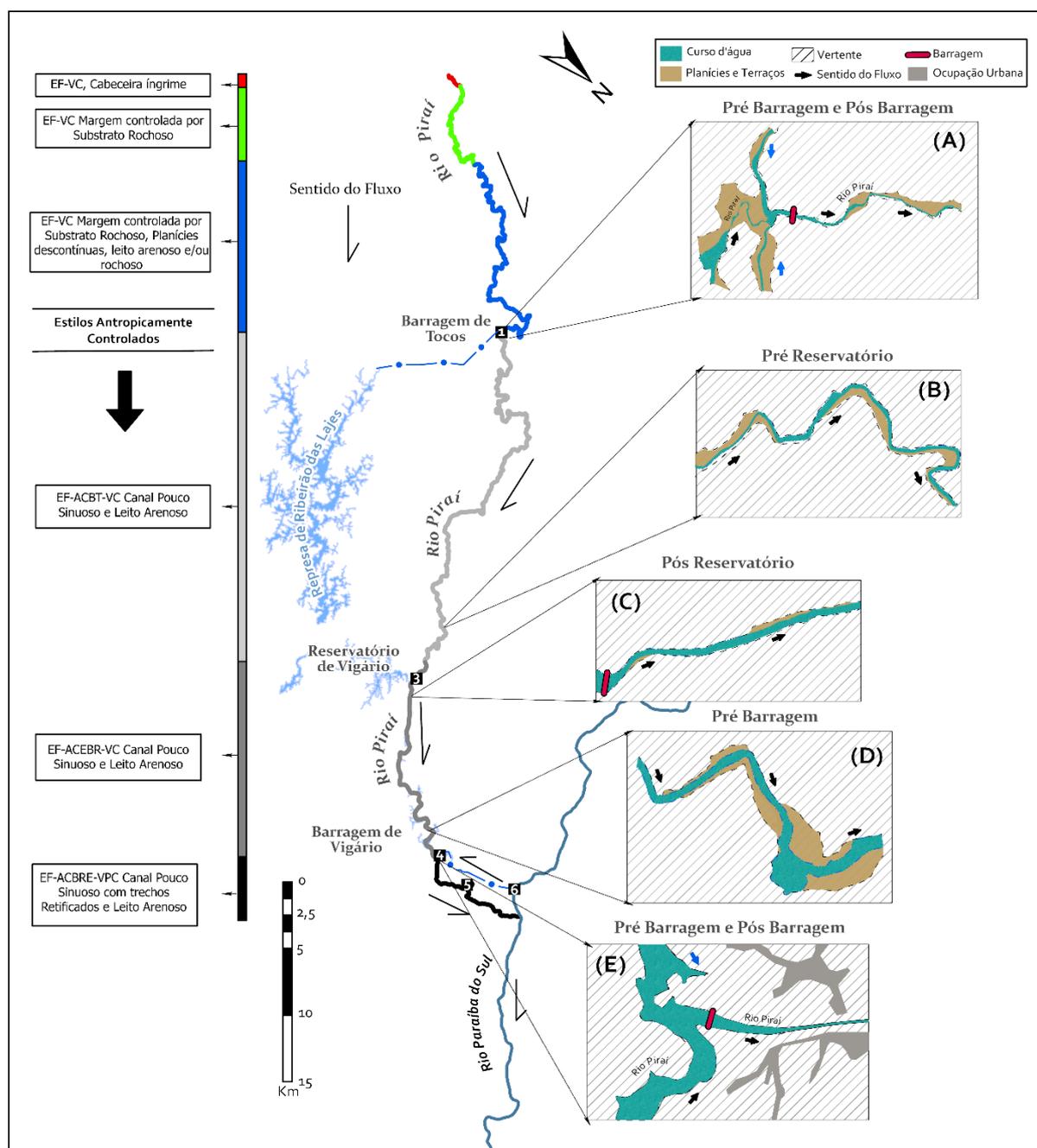
A área de confluência com o rio Paraíba do sul com o rio Piraí não apresenta uma extensa área de planície, mas ainda assim tem seu pequeno trecho alterado. O histórico das intervenções no seu sistema hidrográfico é bastante expressivo, onde cerca de 65% do seu canal principal está condicionado por obras hidráulicas e definidos como Antropicamente Controlados nos vales fluviais (Tabela 3). Ou seja, não correspondem mais às configurações naturais, uma vez que as obras hidráulicas estabelecem novos contornos de avaliação dos parâmetros e atributos geomorfológicos. Tais estilos fluviais destacam-se pelas mudanças na conectividade entre os compartimentos no vale fluvial, uma vez que a função de dissipar o volume do fluxo proveniente das áreas mais elevadas da bacia são controlados pelas obras e não há uma boa conexão entre os diferentes compartimentos ao longo do canal. No entanto, cada obra pode atuar de determinada maneira, ante outras diferentes intervenções que também controlam o segmento.

As obras de transposição operam fortemente na mudança da vazão e do fluxo de sedimentos que seguem em direção à foz do rio, uma vez que desviam a água do canal para outra direção, alterando, também, a dinâmica erosiva e deposicional do canal. Na Bacia do rio Piraí a transposição de Tocos desvia uma média de 12,6 m³/s (JORDÃO, 2017), gerando a jusante um maior processo erosivo dado o *déficit* de sedimentos, enquanto a transposição de Santa Cecília desvia as águas do Paraíba do Sul para o Reservatório de Santana do Piraí, gerando um acréscimo no aprisionamento de carga líquida e dos sedimentos.

As obras de elevatórias modificam o gradiente topográfico do rio e alteram a direção de seu fluxo, descaracterizando suas potencialidades erosivas, de transposição e deposição. No caso do rio Piraí, em razão da elevatória de Santa Cecília, situada no rio Paraíba do Sul, há uma inversão em 180° do sentido do fluxo que segue, então, em direção ao reservatório de Santana, aumentando a vazão do trecho e o aporte sedimentar. O mesmo ocorre na elevatória de Vigário que serve como propulsor de água para o reservatório homônimo, inundando o vale. Entretanto, como há um represamento desta vazão, o trecho apresenta feições deposicionais e um fluxo lântico.

A figura 3 expõe as formas em planta em segmentos de rios controlados por intervenções hidráulicas, com destaque para o padrão do canal e as unidades visualizadas em cada trecho. As alterações nos segmentos anteriores às intervenções (Figuras 3) são característicos pela presença de unidades deposicionais mais extensas e contínuas, padrão que não se configura nos segmentos posteriores às intervenções (Figuras 3 C e E), característicos pela diminuição das dimensões laterais do canal e pouca presença de unidades deposicionais.

Figura 3 - Morfologia dos canais controlados antropicamente. Em A, B, C, D e E são apresentados a sua forma em planta em relação às intervenções.



Fonte: elaborado pelos autores.

Atribui-se à construção de barragens, a criação de um novo nível de base local, uma vez que cria um desnível onde a montante há a retenção de água e sedimentos, enquanto a jusante, há tendência de aumento da capacidade e competência erosiva do canal, gerando seu entalhe.

De um modo geral, os níveis de base são tidos como importantes controladores da rede de drenagem e assumem caráter multiescalar, podendo ser reconhecido tanto em escala regional, geral ou local (LEOPOLD *et al.*, 1964; SCHUMM, 1993; BOWMAN, 2023). No que tange à estruturação dessa rede de drenagem, os níveis de base são elementos primários na

compreensão destas, uma vez que são um dos condicionantes dos processos fluviais em cada segmento, alterando o caráter erosivo e/ou deposicional do canal e que condiciona processos a montante-jusante de um canal.

A existência de novos níveis de base locais no canal principal, ao longo do processo de evolução dessa drenagem, leva ao reajuste do caráter longitudinal no caminho a equalizar o gradiente de energia de montante a jusante, no processo de “migração do nível de base”. As barragens, de maneira distinta de níveis de base naturais, são estruturas fixas que estabelecem níveis de base imóveis, impedindo, a longo prazo, a migração do nível de base local, condicionada pelo reajuste natural do perfil longitudinal do canal. Na impossibilidade de reajuste pela migração do nível base, os reajustes tanto a montante como a jusante podem ser expressos nas mudanças no padrão da rede de drenagem se as condições de confinamento e dos tipos ajustes (lateral, vertical e longitudinal) permitirem. Dessa forma, a mudança nos padrões dos meandros, nas propriedades transversais do canal e a característica dos depósitos sedimentares, como também dos sedimentos do fundo de leito, se configuram como importantes parâmetros de gerenciamento em vista da dinâmica imposta pelas barragens e os níveis de base locais.

Atrelado ao contexto em que as barragens na Bacia do rio Piraí estão localizadas em domínios pouco declivosos e com pouca variação altimétrica (Figura 2 e Tabela 2), a análise da influência dessa intervenção direciona-se também ao processo de retenção de sedimentos e sobretudo no controle da vazão. A carga líquida e sólida ficam retidas, dado os reservatórios sempre atrelados às barragens, inundando a área onde se concentra, aumentando a conectividade lateral do rio com as encostas, uma vez que preenchem os vales onde estão inseridos, passando a serem caracterizados como “Confinados”. Dessa forma, há um controle das descargas que ocorrem alterando não somente em aspectos físicos - onde a área passa a ter características lagunares, tais como a coloração -, mas também em sua estrutura, que passa a apresentar processos de assoreamento, formação de bancos arenosos e demais feições deposicionais, como aponta as Figuras 3A, D e E. A jusante da barragem, há um entalhe do leito do rio e maior erosão das margens, tendo, também, o que Petts (1987) classifica de mudanças de segunda ordem, ou seja, um reajuste na morfologia do canal dada a migração das potencialidades de erosão e sedimentação (Figuras 3 A e E).

Todas essas intervenções atuam de maneira incisiva na bacia, modificando suas características e impondo modificações em seu regime que alteram o comportamento do canal que passa a ser controlado diretamente pelas obras hidráulicas (Tabela 3), impondo modificações geomorfológicas que necessitam, não só de uma leitura que compreenda a complexidade e o funcionamento de bacias antropicamente alteradas, mas também de metodologias que consigam abarcar tais cenários.

Tabela 3 – Principais controladores naturais e antrópicos na dinâmica fluvial e o comportamento dos processos fluviais na Bacia do rio Piraí.

Estilo Fluvial	Controladores	Comportamento do Rio
1	Ambiental: Declividade	Canal estável com alta capacidade de transporte de sedimentos e de incisão dada a baixa capacidade de ajuste lateral.
2	Ambiental: Declividade e substrato rochoso	Canal estável, com alta capacidade erosiva e de transporte de sedimento em razão da declividade e da carga sedimentar que recebe.
3	Ambiental: Substrato rochoso	Canal apresenta conectividade e ajuste lateral, permitindo áreas de deposição e com elevado aporte sedimentar que recebe.
4	Antrópico: Barragem e Reservatório de Tocos e Transposição	Canal instável, com elevada conectividade lateral em razão de ações antrópicas, com comportamento controlado por barragem e transposição à jusante que inibem o aporte sedimentar e geram um comportamento erosivo, dada a ausência de sedimentos.
5	Antrópico: Elevatória e Reservatório de Vigário e Barragem de Santana	Canal instável, com elevada conectividade lateral em razão de ações antrópicas. Apresenta comportamento deposicional devido ao aporte sedimentar que recebe via Elevatória de Vigário e o represamento do fluxo a partir do Reservatório de Vigário e Barragem de Santana.
6	Antrópico: Barragem e Reservatório de Santana, Elevatória e Transposição de Santa Cecília	Canal instável, com pouca conectividade lateral em razão de um adensamento urbano nas planícies, onde apresenta-se retificado. O controle exercido pela Barragem de Santana diminui o aporte sedimentar e cria um novo nível de base local, aumentando o comportamento erosivo deste trecho. A Elevatória de Santa Cecília, que inverte a direção do fluxo, junto com a Transposição de Santa Cecília, aumenta o fluxo do trecho em direção ao Reservatório de Santana.

(1 - EF-VC cabeceira íngreme; 2 - EF-VC margem controlada pelo substrato rochoso; 3 - EF-VPC margem controlada pelo substrato rochoso, planícies descontínuas, leito arenoso e/ou rochoso; 4 - EF-ACBT-VC canal pouco sinuoso e leito arenoso; 5 - EF-ACEBR-VC canal pouco sinuoso com trechos retilíneos e leito arenoso; 6 - EF-ACBRE-VPC canal pouco sinuoso com trechos retificados e leito arenoso). **Fonte:** elaborado pelos autores.

A Bacia do rio Piraí apresenta mais da metade de seu curso principal condicionado por estas intervenções e se posta como um exemplo para entendimento do impacto das obras em seu rearranjo, uma vez que modificam sua morfologia e, também, suas respostas, interferindo em sua trajetória evolutiva.

Desta maneira, a classificação dos Estilos Fluviais se configurou como uma tentativa em criar tipologias que evidenciem o papel das obras hidráulicas como controladores primários dessa rede de drenagem que atuam na diferenciação de processos. Isso se coloca de maneira crucial para estabelecer não somente estudos comparativos entre os diferentes segmentos de rios identificados, que permitam compreensão destes cenários, mas também um monitoramento adequado, uma vez que estas obras são fixas e estáveis e que o entendimento deste rearranjo é fundamental para gestão e planejamento da bacia.

CONCLUSÃO

A metodologia de classificação dos Estilos Fluviais, assim como a criação de tipologias têm funcionado e contribuído na sistematização de informações estratégicas sobre a compreensão das dinâmicas dos processos fluviais nas bacias hidrográficas em que foram aplicadas para o estado do Rio de Janeiro.

O atual cenário de intervenção antrópica nos ambientes fluviais, sejam estas diretas ou indiretas, têm demandado novas abordagens teórico-metodológicas que permitam a compreensão dessas intervenções, de acordo com o contexto em que elas se apresentam.

As intervenções hidráulicas no rio Piraí impõem drásticas mudanças morfológicas no segmento onde estão localizadas e modificam a estrutura física do canal, alterando a dinâmica dos processos laterais e longitudinais. Essa dinâmica imposta pelas intervenções, as quais atuam como controladores primários na reestruturação dessa rede de drenagem, redirecionam as análises na Bacia do rio Piraí na compreensão destes controladores antrópicos.

A estrutura dos Estilos Fluviais como uma metodologia de classificação aberta, permitiu a criação de tipologias que destacasse em primeiro plano a influência das intervenções hidráulicas como controladores primários na Bacia do rio Piraí, de maneira conjunta com outras informações estratégicas para a compreensão das características e dinâmica do canal. Essas informações são componentes básicos e necessários para que se construa um gerenciamento adequado, para além de subsidiar as tomadas de decisões baseadas em dados situados de cada bacia hidrográfica.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F.F.M. **The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil.** An. Acad. bras. Ci. (Supl.), Rio de Janeiro, 48:15-26, 1976.

ALMEIDA F.F.M. **Origem e evolução da plataforma brasileira.** Rio de Janeiro, DNPM-DGM, Boletim, 241, 36p, 1967.

ARAÚJO, L. M. N. et al. **Avaliação Do Regime Fluvial Do Rio Piraí Condicionado Pela Transposição De Vazões.** In: XVIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2009. Disponível em <<https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=3&ID=110&SUMARIO=2334>>. Acesso em 13 de Agosto de 2023.

ASMUS, H.E. & FERRARI, A.L. **Hipótese sobre a causa do Tectonismo Cenozoico na Região Sudeste do Brasil.** In: Aspectos estruturais da margem continental leste brasileira, Série Projeto REMAC, v. 4, p. 75-88, 1978.

BOWMAN, D. **Base-level Impact: A Geomorphic Approach.** Springer International Publishing, 1ª ed. 2023. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-24994-5>

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

BRIERLEY, G., FRYIRS, K., OUTHET, D., MASSEY, C. **Application of the River Styles framework as a basis for river management in New South Wales, Australia.** *Applied Geography*, v. 22, p. 91-122, 2002.

CEDAE Co. **A Cedae, História: Abastecimento.** Disponível em <<https://cedae.com.br/ahistoria>>. Acesso em 13 de Agosto de 2023.

COELHO NETTO, A.L.; FERNANDES, N.F.; DANTAS, M.E.; DIETRICH, W.E.; MONTGOMERY, D.R.; DAVIS, J.C.; PROCTOR, I.; VOGEL, J. & SOUTHIN, J. **14C MAS evidences of two Holocene erosion-sedimentation cycles in SE Brazil: stratigraphy and stratigraphy inversion.** 14th Intern. Sedimentary Congress, IAS-International Association of Sedimentologists, Recife, 28-30, 1994.

CRUTZEN, P. **Geology of mankind.** *Nature*, v. 415, n. 23, 2002.
<https://doi.org/10.1038/415023a>

CUNHA, S. B. **Impactos das Obras de Engenharia Sobre o Ambiente Biofísico da Bacia do Rio São João (Rio de Janeiro – Brasil).** Rio de Janeiro: Ed: Instituto de Geociências, UFRJ. 378 p., 1995.

GOUDIE, A. **The Human Impact: Man's Role In Environmental Change.** 6. ed. Oxford: Basil Blackwell: The MIT Press, 1981. ISBN: 063112554X.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Bases cartográficas contínuas – Rio de Janeiro.** Escala 1:25.000. Versão 2018. Acesso ao produto:<<https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas/15807-estados.html?edicao=16037&t=acesso-ao-produto>>.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA . **Censo Brasileiro de 2022.** Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

JORDÃO, M. D. L. **Influência da transposição de bacias do paraíba do Sul-Piraí-Guandu na descarga de sólidos suspensos para a Baía de Sepetiba.** Dissertação (Doutorado em Engenharia Oceânica) - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

KELMAN, R., CASTRO, T., HALLOT, C., et al. **Avaliação de impactos de novas transposições de águas propostas para o rio Paraíba do Sul.** Relatório técnico, AGEVAP:PSR. 2013.

LAVE, R., BIERMANN, C., LANE, S.N. **Introducing Critical Physical Geography.** In: Lave, R., Biermann, C., Lane, S. (Eds.), *The Palgrave Handbook of Critical Physical*

Geography (pp. 3-21). Palgrave Macmillan, Cham, 2018. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71461-5_1.

LIGHT Co. **Grupo Light, Quem somos: História da Light.** Disponível em <<https://www.light.com.br/SitePages/page-a-light.aspx?v=1.1>>. Acesso em 13 de Agosto de 2023.

LEOPOLD, L.B., WOLMAN, M.G. and MILLER, J.P. **Fluvial Processes in Geomorphology.** Freeman, San Francisco, 522 p., 1964.

LUZ, L. M. MARÇAL. M.S, **A Perspectiva Geográfica do Antropoceno.** Revista de Geografia (Recife) V. 33, No. 2, p. 143-160, 2016.

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.** In O. A. CARVALHO JÚNIOR, M. C. V. GOMES, R. F. GUIMARÃES, & R. A. T. GOMES (Eds.), Revisões da Literatura da Geomorfologia Brasileira (pp. 225–249). Brasília: Editora ICH-UnB, 2022.

MARÇAL, M. D. S.; LIMA, R. N. D. S. **Abordagens Conceituais Contemporâneas na Geomorfologia Fluvial.** Espaço Aberto, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 17-33, 2016. 2237-3071.

MOURA, J. R. S.; MEIS, M. R. M. **Contribuição à estratigrafia do Quaternário Superior no médio vale do rio Paraíba do Sul – Bananal, SP.** An. Acad. Bras. Ciên., Rio de Janeiro, v. 58, n. 1, p. 89-102, 1986.

MOURA, J. R. S.; MEIS, M. R. M. **Insight into the morphometry of drowned valley.** Brazil Geographic Studies – UGI, Belo Horizonte - MG, v. 1, p. 78-100, 1978.

PETTS, G. E. **Time-scales for ecological change in regulated rivers.** In: Craig, J.F., Kemper, J.B. Eds., Regulated streams. advances in ecology. New York: Plenum. p. 257–266, 1987.

RICCOMINI, C. **O Rift continental do sudeste do Brasil.** Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 256 p., 1989.

RODRIGUES, C.; ADADI, S., **Técnicas fundamentais para o estudo de bacias hidrográficas.** In: VENTURI Luis A.B. (org) *Praticando geografia: técnicas de Campo e Laboratório em geografia e análise ambiental*, São Paulo: Oficina de Textos, p. 147-166, 2005.

SANTANA, C. I. MARÇAL, M. S. **Identificação de Estilos Fluviais na Bacia do Rio Macabu (RJ) a Serem Aplicados na Gestão dos Recursos Hídricos.** *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 13, n.04, p. 1886-1902, 2020.

SANTOS, R. C. MARÇAL, M. S. **Caracterização dos Ajustes e Mudanças na Morfologia do Rio São João, Região Das Baixadas Litorâneas do Estado do Rio de Janeiro.** *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 22, n.1, p. 149-162, 2021. Doi: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v22i1.1826>.

SCHUMM, S. A. **“River Response to Base Level Change: Implications for Sequence Stratigraphy.”** *The Journal of Geology*, vol. 101, no. 2, pp. 279–94, 1993.

SEA PROJECTS. Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim – COMITÊ GUANDU. **Monitoramento da Qualidade da Água do Rio Piraí à Montante do Túnel de Tócos, na Região Hidrográfica do Guandu – Rh II em Conformidade com o Plano da Bacia.** Seropédica, 2013. Relatório.

SZABÓ, J. **Anthropogenic geomorphology: subject and system.** In: *Anthropogenic Geomorphology: A Guide to Man-Made Landforms.* SZABÓ, J. DÁVID, L. LÓCZY, D. (Orgs.). SPRINGER. Dordrecht Heidelberg London, New York, p. 3-10, 2010.

WHEATON, J. M. et al, **Geomorphic mapping and taxonomy of fluvial landforms.** *Geomorphology*. V. 248, pp. 273-295, 2015. ISSN 0169-555X.

WHITEHEAD, M. **Environmental Transformation. A geography of Anthropocene.** Routledge. London, 190p., 2014.

ZALÁN, P.V. & OLIVEIRA J.A.B. **Origem e evolução estrutural do Sistema de Riftes Cenozoicos do Sudeste do Brasil.** *Boletim de Geociências da Petrobras*, 13(2): p. 269-300, 2005.

AGRADECIMENTOS

Ao doutorando do Programa de Pós Graduação da Geografia - UFRJ, Adão Castro, pelo apoio na construção dos estudos, à FAPERJ pela concessão de bolsa de Iniciação Científica e à Agência de Bacias, AGEVAP/GUANDU, pelo auxílio concedido para realização dos trabalhos de campo.