

# Interações Geomorfológicas e Ecológicas na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Ubá (MG)

## Ecological and Geomorphological Interactions in the Ubá Hydrographic Basin (MG)

Felipe Pacheco Silva<sup>i</sup>

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Rio de Janeiro, Brasil

**Resumo:** Considerando a importância de abordagens interdisciplinares no âmbito das ciências ambientais, esse trabalho busca estabelecer uma análise integrada de componentes ecológicos e geomorfológicos para a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Ubá. Essa bacia reúne um quadro altamente ilustrativo para a gestão de rios, dispondo de uma rica diversidade de ambientes geomorfológicos e atividades antrópicas que direcionaram modificações no sistema fluvial. Desse modo, a análise integrada permitiu identificar as interrelações entre os aspectos ecológicos e geomorfológicos, sobretudo, para os segmentos próximos às cabeceiras e impactados pelo lançamento de efluentes não tratados. Os resultados expõem o peso das modificações antrópicas no leito e, desse modo, as relações com as recorrentes inundações que acometem o sítio urbano, assim como a degradação ambiental de nichos ecológicos ao longo do curso, resultando em um quadro de assoreamento, eutrofização e contaminação por efluentes urbano-industriais não tratados. Nesse sentido, a investigação permitiu identificar importantes desafios para a gestão hidrográfica da área, assim como a importância de se compreender os processos fluviais e ecológicos de maneira conjunta, assim como o potencial da análise desses processos como sólidos indicadores ambientais.

**Palavras-chave:** Estilos Fluviais; Teoria do Rio Contínuo; Inundações; Alterações Antrópicas; Uso e Cobertura da Terra.

**Abstract:** Considering the importance of interdisciplinary approaches within the scope of environmental sciences, this work seeks to establish an integrated analysis of ecological and geomorphological components for the Ribeirão Ubá's River Basin. This basin brings together a highly illustrative framework for river management, featuring a rich diversity of geomorphological environments and anthropogenic activities that have led to changes in the river system. In this way, the integrated analysis made possible to identify the interrelationships between ecological and geomorphological aspects, especially for the segments close to the headwaters and impacted by the release of untreated effluents. The results expose the weight of anthropic changes in the bed and, thus, the relationship with

---

<sup>i</sup> Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Geografia e pesquisador do Núcleo de Estudos do Quaternário e Tecnógeno (NEQUAT/IGEO-UFRJ). felipe.p@hotmail.com. <https://orcid.org/0000-0001-5059-1740>

the recurrent floods that affect the urban site, as well as the environmental degradation of ecological niches throughout the course, resulting in a silting, eutrophication and contamination by untreated urban-industrial effluents. In this sense, the investigation made possible to identify important challenges for hydrographic management in the area, as well as the importance of understanding river and ecological processes together, as well as the potential of these processes analysis as solid environmental indicators.

**Keywords:** River Styles; Continuous River Theory; Floods; Anthropic Changes; Land Use and Coverage.

## Introdução

Os rios podem ser qualificados como sistemas abertos com estrutura tridimensional (longitudinal, lateral e vertical), caracterizados por processos hidrológicos e geomorfológicos altamente dinâmicos, frente às mudanças climáticas e temporais (PETTS, 2000). Nesse aspecto, também é importante compreender de modo adequado os aspectos desses sistemas dinâmicos e complexos, sendo, portanto, fundamental uma abordagem interdisciplinar, incorporando, assim, conhecimentos múltiplos e fundamentais para tratar dos principais problemas ambientais com a devida complexidade concernente.

Diante dessa demanda, um esforço fundamental se faz necessário no sentido de integrar a diversidade de elementos, componentes, fatores e processos ambientais tanto os abióticos, como os bióticos, para uma adequada compreensão, diagnóstico e prognóstico dos principais problemas dos sistemas fluviais. Este esforço, mais do que importante, é essencial, uma vez que os elementos em questão respondem pela qualidade, funcionalidade e dinâmica dos rios.

Logo, também é preciso compreender a organização, influência e impacto dos elementos sociais sobre os canais fluviais, assim como nos processos e funções desempenhadas pelos rios em uma paisagem. Por essa perspectiva, os rios como componentes de diversas paisagens são produtos e produzidos pelas inúmeras interpelações sociais, econômicas e ambientais que se desdobram nas diversas paisagens.

Integrar e compreender a funcionalidade do sistema em conjunto com as alterações antrópicas nos canais fluviais, sejam produzidas por uma ação direta (barragens, retificações ou minerações) e/ou indireta (uso e cobertura da terra), é de fundamental importância em estudos com foco socioambiental (BROWN, 1970). Nesse sentido, a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Ubá se faz interessante para o propósito do presente estudo, interesse justificado pelo fato dessa bacia oferecer um quadro ilustrativo de como as interferências humanas podem reorganizar os fluxos e dinâmicas ambientais, uma vez que nessa bacia são desenvolvidas inúmeras atividades urbanas, industriais e agropecuárias que podem reorganizar os fluxos e dinâmicas do canal.

Desta forma, o objetivo dessa pesquisa está em identificar como os diferentes usos interferem nos processos ecológicos e geomorfológicos de uma bacia hidrográfica, assim como as interpelações entre os processos ecológicos e geomorfológicos. Com isso, pretende-se verificar a interferência antrópica, e suas possíveis relações com os processos locais. Sendo assim, se escolheu analisar as correções da classificação geomorfológica

dos canais, a partir da metodologia dos Estilos Fluviais (BRIERLEY e FRYIRS, 2005) e os aspectos ecológicos para o rio principal da bacia selecionado, com base nas relações preditivas apresentadas na Teoria do Rio Contínuo (VANNOTE et al., 1980).

De modo específico, a metodologia dos Estilos Fluviais (BRIERLEY e FRYIRS, 2005) permite classificar os segmentos do canal em consonância com suas características geomorfológicas e hidrodinâmicas (MARÇAL et al., 2017). Na prática a metodologia se divide em quatro estágios de análise, sendo os seguintes: i) identificação e classificação dos Estilos Fluviais ao longo do rio; ii) avaliação da condição geomorfológica; iii) avaliação do potencial de recuperação da bacia; e iv) gestão do rio. Contudo, apesar da importância das etapas finais, sobretudo do desenvolvimento de estratégias para uma gestão eficiente e sustentável do canal, a abordagem nessa pesquisa tem como foco os dois primeiros estágios da metodologia.

De um modo hipotético, a Teoria do Rio Contínuo (VANNOTE et al., 1980) também assume a ambição de classificar os distintos segmentos dos corpos hídricos, com base nos fenômenos ecológicos, mesmo que de maneira preditiva. A principal hipótese que sustenta a teoria é de que “as características estruturais e funcionais das comunidades devem se ajustar ao estado médio do ambiente, estando condicionadas aos padrões de entrada, transporte, utilização e armazenamento da matéria orgânica” (FERREIRA et al., 2010, p. 2). Nesse sentido, articulam-se os conhecimentos que se tem sobre o sistema para diagnosticar, melhorar e corrigir os problemas. Nesse aspecto, para esses fenômenos ecológicos, a presente pesquisa se dedica ao conhecimento dos fenômenos ecológicos a partir de um diagnóstico do panorama mais geral.

Com esse objetivo, e considerando as metodologias disponíveis, buscou-se integrar a proposta metodológica, denominado de Estilos Fluviais, formulada por Brierley e Fryirs (2005), aos parâmetros definidos no modelo Teórico do Rio Contínuo, elaborado por Vannote et al. (1980). As metodologias selecionadas se ajustam à proposta por oferecer uma sólida perspectiva para análise e discussão das características ambientais elegidas. Dessa forma, a análise do quadro ambiental foi desenhada com a finalidade de identificar a interação geomorfologia-ecologia para o canal.

## **Materiais e Métodos**

O primeiro encaminhamento dessa pesquisa foi reunir uma base de dados cartográfica, hidrológica e bibliográfica para a área. Sendo assim, foram organizados os seguintes dados: i) modelo digital de elevação *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), 3ª versão, com resolução espacial de 1 arc seg. (aproximadamente 30 m), em formato Geotiff, disponibilizados pelo *United States Geological Survey* (USGS, 2000), da qual foram extraídas as informações de declividade e altimetria; ii) mapa de compartimentos morfológicos e uso e cobertura da terra para área, na escala de 1:50.000, elaborado por Silva (2016); iii) base vetorial contínua para drenagem, em escala de 1:50.000, disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE, 1977); iv) mapa geológico obtido junto ao Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2014), em escala de 1/100.000; v) imagens multitemporais disponibilizadas pelo Google Earth Pro; vi) relatórios com as condições químicas, físicas e biológicas dos recursos hídricos da bacia.

De maneira geral, a organização do banco de dados e procedimentos necessários foram realizados na plataforma ArcGIS Desktop 10.8.1 (ESRI, 2019), nível de licença ArcInfo, integrando os recursos das extensões V-BET 2.0 (GILBERT et al., 2016). Os procedimentos metodológicos foram agrupados em três etapas, cada uma reuniu procedimentos e abordagens específicas, porém ambos com o único objetivo de equacionar os aspectos fluviais e ecológicos. Na primeira etapa foi desenvolvido o reconhecimento dos Estilos Fluviais de Brierley e Fryrs (2005). Já na segunda etapa se reuniu elementos para compreender a variação espacial dos aspectos ecológicos, com base na Teoria do Rio Contínuo de Vannote et al. (2008). Por fim, na terceira etapa se conjugou as duas etapas anteriores, com o objetivo de identificar as relações dos Estilos Fluviais com os processos ecológicos preditivos para o canal.

Cabe ressaltar que esse trabalho se restringiu ao estudo das relações ecológicas e geomorfológicas para o rio principal, uma vez que “o rio principal é o corpo receptor de todos processos ocorridos na bacia, e por consequência, sua análise releva em tese o *status quo* da bacia em questão” (BARBOSA E ESPINDOLA, 2003, p. 21). Entretanto, sabe-se da necessidade de se avançar na compreensão dos afluentes para se obter uma análise mais realística das organizações e relações ambientais na bacia.

### *Identificação dos Estilos Fluviais*

Na primeira etapa os processos fluviais foram estudados utilizando a metodologia dos Estilos Fluviais, proposta por Brierley e Fryirs (2005), assim como a sua adaptação para o contexto das paisagens tropicais, apresentada por Marçal et al. (2017).

O conhecimento dos Estilos Fluviais e controles locais foram reconhecidos pela avaliação do grau de confinamento do vale (1), reconhecimento das unidades geomorfológicas (2) e a estabilidade lateral (3). O grau de confinamento do vale (1) foi mensurado com auxílio da ferramenta *Valley Bottom Extration* (V-BET) dentro do *software* ArcGis 10.8.1 (ESRI,2019). Esta ferramenta permite a obtenção dessa variável de forma automática utilizando operações matemáticas envolvendo a declividade e a área de drenagem da bacia hidrográfica (GILBERT et al., 2016). Desse modo, foram reconhecidos três graus de confinamento: i) *canal confinado*, quando mais de 90% do canal ocorre à margem do vale, geralmente estando encaixado; ii) *canal parcialmente confinado*, quando entre 10-85% do vale ocorre próximo à margem do vale; iii) *canal lateralmente não confinado*, quando 10% ou menos do canal ocorre junto à margem do vale, apresentando uma planície desenvolvida (Figura 1). O reconhecimento das unidades geomorfológicas (2), incorporou as unidades morfológicas identificadas por Silva (2016). A estabilidade lateral (3) foi reconhecida com base na forma em planta do canal, sendo identificado o grau de sinuosidade do canal pelo índice elaborado por Bull e Wallace (1985).

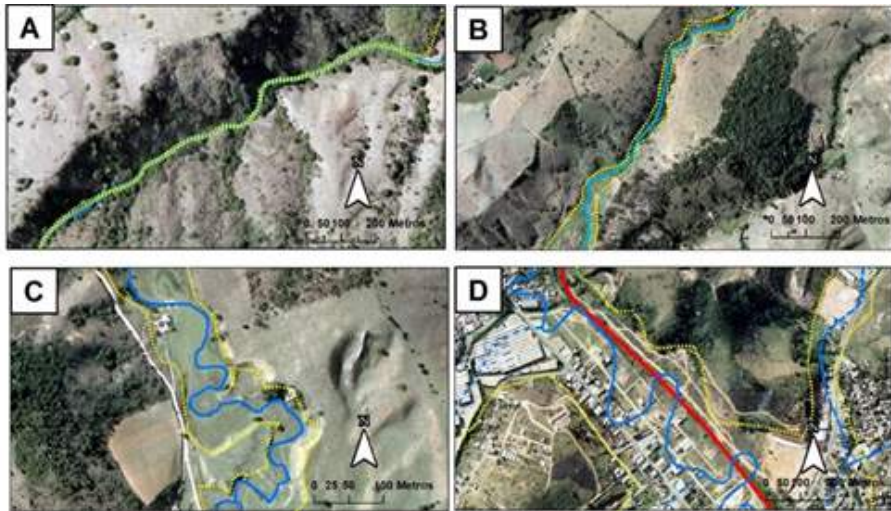


Figura 1 – Matriz de interpretação da forma do canal e grau de confinamento do vale.

A – canal confinado; B – canal parcialmente confinado; C – canal lateralmente não confinado; D – canal lateralmente não confinado com retificado; margem do fundo de vale (amarelo); canal fluvial (azul) e retificação (vermelho).

Elaborado pelo autor.

As etapas processuais estão sistematizadas na Figura 2. Os resultados obtidos nas etapas para o reconhecimento dos Estilos Fluviais foram calibrados em campo, sendo identificado poucas inconsistências em relação aos dados obtidos nas etapas anteriores em gabinete, com auxílio de ortofotos obtidas no programa Google Earth Pro™, em escala menor que 1:1000.

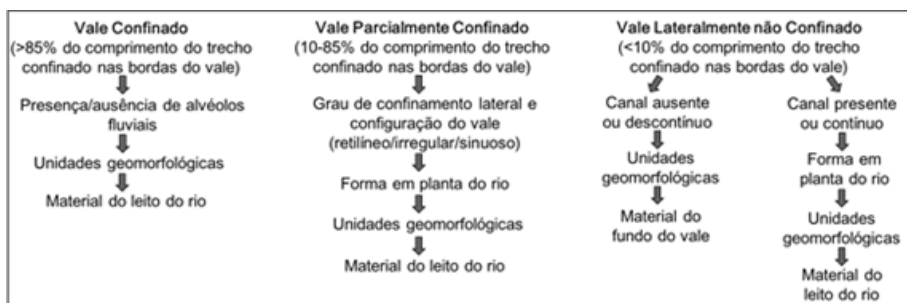


Figura 2 – Árvore processual dos Estilos Fluviais.

Fonte: BRIERLEY e FRYIRS (2005).

## *Análise dos Aspectos Ecológicos*

A organização ecológica foi interpretada com auxílio da Teoria do Rio Contínuo, apresentada por Vannote et al. (1980). O modelo do Rio Contínuo, segundo Ferreira et al. (2010) estabelece algumas previsões para sistemas lóticos, relacionando, assim, os processos biológicos com a estrutura física ao longo do gradiente longitudinal do canal (ou contínuo do canal). Com essa abordagem, é possível realizar uma compreensão dos fenômenos ecológicos e alterações funcionais em conjunto com as características específicas de sistemas lóticos em uma perspectiva linear.

Os compartimentos morfológicos, uso e cobertura da terra e investidas a campo permitiram catalogar diversas especificidades para o leito e adjacências do canal, assim como eleger os principais aspectos para análise ecológica. Nesse sentido, as dimensões laterais e longitudinais do canal foram avaliadas em campo, incorporado a unidimensionalidade, proposta por Vannote et al. (1980).

A dimensão longitudinal tem por referência a extensão da nascente à foz, na qual os processos ecológicos são interpretados a partir dos fenômenos ecológicos que se desenvolvem no canal, no qual o sistema lótico é comparado a um arranjo linear, que da cabeceira à foz apresenta um aumento gradual de tamanho (FERREIRA et al., 2010). Desta forma, a dimensão lateral permitiria interpretar as relações entre o canal fluvial e sua área de entorno (BARBOSA et al., 2003). A integração dos componentes laterais e longitudinais na escala do canal permitiram selecionar os atributos fundamentais para análise dos fenômenos ecológicos e, dessa forma, as características geomorfológicas relacionadas, assim como as interações dos Estilos Fluviais com vegetação ripária.

Portanto, foram analisados para o canal a matéria orgânica particulada, produção primária (distinguindo ambientes autotróficos e heterotróficos), luminosidade, cobertura vegetal, impermeabilização, efluentes e resíduos sólidos, oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio, assoreamento, vazão e velocidade para cada segmento fluvial pautando as relações laterais e longitudinais para o canal. Nesse sentido, foi realizada a interpretação das características ecológicas em associação aos respectivos Estilos Fluviais identificados na etapa anterior.

Com relação aos parâmetros selecionados, Vannote et al. (1980) estabelecem algumas relações preditivas para sistemas lóticos com base nas possíveis interrelações entre o sistema físico e ecológico do canal. Nesse sentido, as principais relações preditivas consideradas na avaliação do quadro ecológico podem ser resumidas em cinco tópicos, a saber:

- i. a importância da entrada de material orgânico alóctone deve diminuir no sentido montante-jusante, devido à diminuição da relação entre cobertura vegetal e largura do canal;
- ii. coincidindo com a relação anterior, é possível identificar um aumento da produção primária devido à entrada de maior luminosidade no sistema de montante para jusante;



- iii. nesse percurso, poderá se identificar alterações nas relações tróficas, caracterizando uma mudança gradual de um sistema heterotrófico para um sistema autótrofo;
- iv. no sentido cabeceira-foz, poderá se identificar a diminuição da matéria orgânica particulada grossa nas cabeceiras, e aumento da matéria orgânica particulada fina nas proximidades com a foz, dada ao processo de fragmentação resultante dos processos físicos e biológicos;
- v. a fauna de invertebrados aquáticos pode ser classificada a partir de grupos funcionais, variando ao longo do canal, compreende-se em termos teóricos que o trecho superior do rio é ocupado por organismos heterótrofos/retalhadores de matéria orgânica particulada (detritos de maior tamanho); enquanto na porção média ocorreria a predominância de organismos autótrofos e de herbívoros filtradores; já no trecho final do rio, teríamos o predomínio de organismos heterótrofos filtradores de pequenas partículas.

O processo de validação da classificação proposta por esse estudo foi conduzido incorporando os resultados dos parâmetros físico-químicos para Estação Fluviométrica N° 58735600 instalada no Ribeirão Ubá, que integra o Projeto Águas de Minas associado à Rede de Monitoramento das Águas Superficiais de Minas Gerais, em execução desde 1997 pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM).

## Área de Estudo

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão Ubá (Figura 3) faz parte da Bacia do Rio Paraíba do Sul, compondo parte da Região Hidrográfica do Atlântico Sudeste. A região tem sua gênese marcada por intensa remobilização e dobramentos, vinculados à formação do Orogênio Araçuaí-Congo Ocidental, responsável pela diversidade de paisagens da área (SILVA, 2010).

O regime pluviométrico da região remete à primavera e verão se caracterizando como os meses mais chuvosos, sendo também os meses mais quentes do ano e a estação chuvosa para a área se estabelece entre os meses de outubro a abril. A maior taxa pluviométrica foi de 252,7 mm para dezembro de 2014, enquanto o período mais seco fica definido entre outono e inverno, o menor registro pluviométrico foi para julho de 2011 (12,7 mm). A média da precipitação para região é de 1.374,9 mm/ano. A temperatura média anual é de 23 °C, podendo alcançar nos meses de verão temperaturas superiores a 26 °C e nos meses mais secos temperaturas abaixo dos 20 °C, em consequência de uma maior atuação da massa polar atlântica (ANDRADE, 1961).

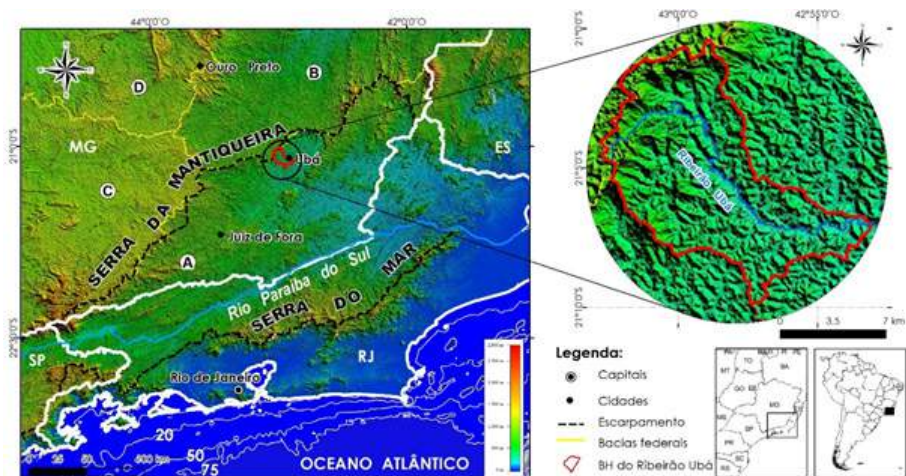


Figura 3 – Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Ubá.  
A – Bacia do Rio Paraíba do Sul; B – Bacia do Rio Doce; C – Bacia do Rio Grande/Paraná; e D – Bacia do Rio São Francisco.  
Fonte: SRTM (2000).

Em termos geológicos, a área de estudo está inserida na Faixa Ribeira (HEILBRON et al., 2016), uma faixa móvel de idade neoproterozoica-cambriana gerada durante as etapas finais da Orogênese Brasileira (630-500 Ma). De acordo com Noce et al. (2003), a base litológica é marcada pelos complexos infracrustais paleoproterozoicos Mantiqueira e Juiz de Fora (Figura 4).

Os aspectos tecnoestruturais e climáticos moldaram o arranjo geomorfológico, estando expressos em diferentes níveis geomorfológicos marcando os processos liados a denudação pós-cretácea. O aspecto escalonado da paisagem, fruto de diferentes reorganizações do quadro geomorfológico, condiz com o intenso retrabalho do relevo promovido pelos processos denudacionais pós-cretáceo (ALMEIDA, 1967).

Na área de estudo, destaca-se o predomínio de morfologias mamelonares. Os compartimentos morfológicos evidenciam um grau elevado de dissecação e retrabalhamento, reunindo a mais forte decomposição de rochas do complexo cristalino e convexização em níveis intermontanos para o contexto do planalto atlântico brasileiro (Figura 5).



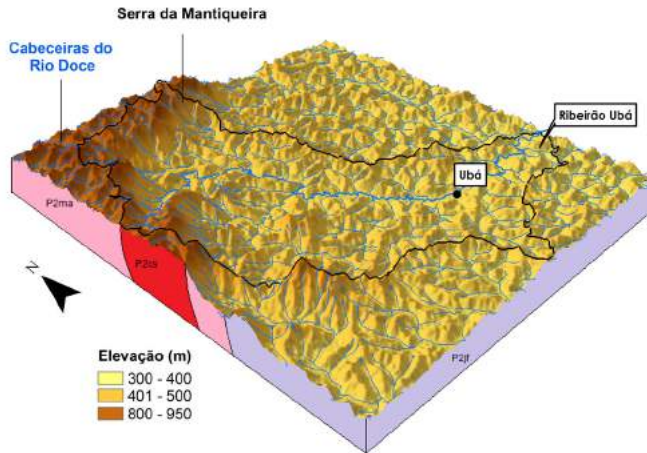


Figura 4 – Vista tridimensional da Bacia do Ribeirão Ubá com a base geológica.  
**P2ma** – Complexo Mantiqueira (ortognaisses, anfibolito, migmatito, metaultramáfica);  
**PP2cs** – Suíte Leopoldina (charnockito, diorito, hornblenda tonalito);  
**P2jf** – Complexo Juiz de Fora – litofáceis ortognaisses migmatíticos.  
Fonte: Adaptado de NOCE et al. (2003) e SRTM (2000).

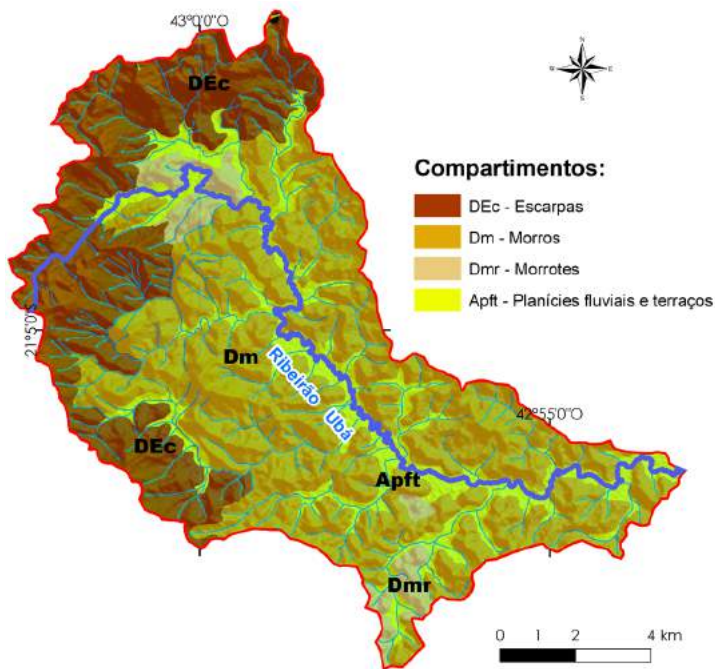


Figura 5 – Compartimentos morfológicos da Bacia do Ribeirão Ubá.  
Fonte: SILVA (2016).

Ab'Sáber (2003, p.17) versa que o domínio dos “mares de morros” é marcado por ser o “meio físico, ecológico e paisagístico de maior complexidade para um planejamento ambiental adequado”. Nesse ponto, os núcleos urbanos nesse domínio impõem grandes desafios para os gestores locais. O respectivo domínio, originalmente coberto por florestas tropicais, atualmente apresenta poucos fragmentos florestais que não foram degradados pela cultura cafeeira intensamente desenvolvida na região a partir do século XIX (Figura 6).



Figura 6 – Vista panorâmica do município de Ubá e seu sítio urbano localizado na planície do ribeirão homônimo. Ressalta-se o padrão fragmentado da ocupação, sob forma de tentáculos com a ocupação de encostas e poucos fragmentos florestais.

Foto: Tadeu Pereira, 2011.

Com relação especificamente ao sítio urbano de Ubá, é possível perceber um padrão espraiado, sendo o quadro geomorfológico o principal condicionante para este padrão espraiado da expansão urbana. O processo de formação do sítio urbano, como de muitos assentamentos humanos no contexto morfoclimático dos mares de morro, teve seu início com a ocupação das várzeas, aterrando áreas pantanosas.

Entretanto, com o crescimento da demanda habitacional, principalmente após a década de 1970, houve a ocupação de novas áreas, em várias direções, o que explica o padrão tentacular do sítio urbano. Nessa perspectiva, com a atratividade populacional exercida pela indústria moveleira, as áreas de maior declive, outrora pouco povoadas, passaram a ser ocupadas em decorrência da crescente demanda habitacional. A ocupação das encostas trouxe graves consequências para o sítio urbano e adjacências, a primeira delas foi tornar mais frequente episódios de inundação (Figura 7), que já constavam nos registros locais desde os anos iniciais do século XX; a segunda consequência dessa ocupação é o aumento dos processos erosivos, sobretudo dos deslizamentos em diversos segmentos das encostas devido ao descontrole da ocupação (SANTOS, 2013).



Figura 7 – Enchente na rodoviária de Ubá, em 1977.

Foto: Mezei, 1977.

Atualmente a população do Município de Ubá é de 101.519 habitantes; desta população, mais de 80% reside na área urbana, de acordo com dados do último Censo Demográfico (IBGE, 2010). O município é destaque devido à notável indústria moveleira regional, que tem como polo principal o município de Ubá. Além disso, a região soma vantagens locacionais e logísticas relacionadas à posição geográfica privilegiada, estando entre as três maiores cidades brasileiras, o que favorece o crescimento econômico local. No entanto, esse crescimento não se fez acompanhado de um desenvolvimento, principalmente de uma gestão ambiental adequada.

## Resultados e Discussões

### *Principais Alterações Antropogênicas no Sistema Fluvial*

As condições climáticas, predominantemente quentes e úmidas da faixa atlântica, favoreceram o assentamento de uma densa floresta perenifólia hidrófila que outrora integrava a paisagem regional. Andrade (1961) apresenta esta paisagem em seus relatos, apontando que, até o século XIX, a área estava resguardada por exuberante cobertura florestal que foi dizimada em quase sua totalidade para dar lugar ao café.

A supressão de florestas por cafezais no século XIX foi fato culminante para a quebra de um equilíbrio biológico e ecológico que perdurou por milênios na área, acarretando modificações no sistema morfogenético, resultando na deflagração de diversos processos erosivos. Atualmente, a maior parte da bacia tem suas terras ocupadas por uma vegetação rasteira (Figura 8).

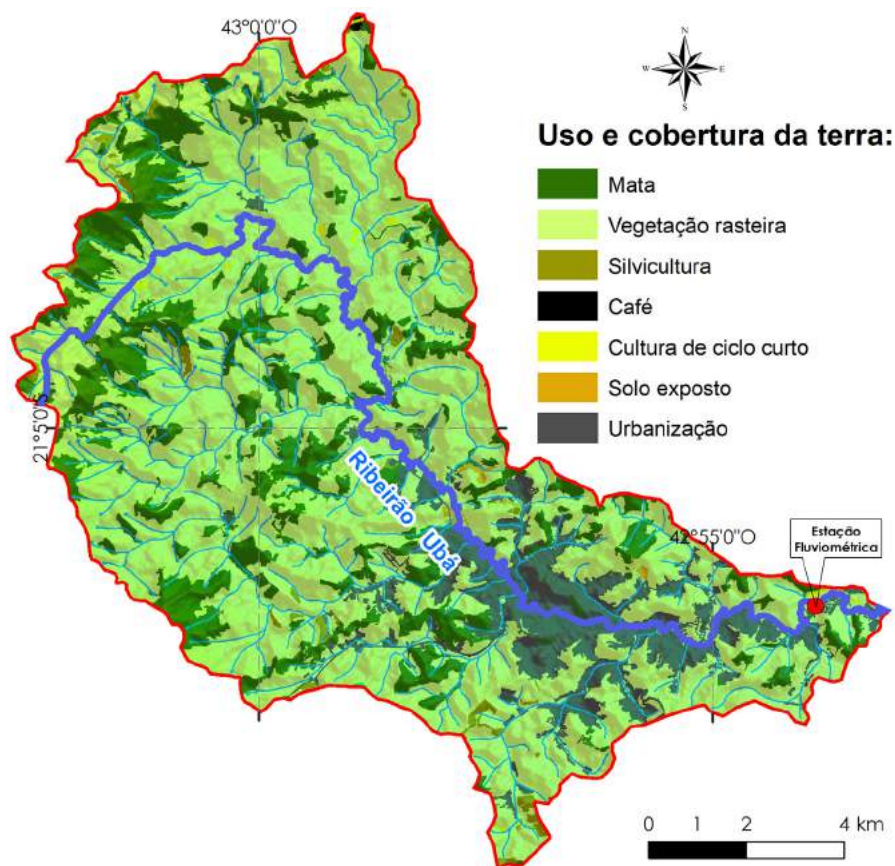


Figura 8 – Uso e cobertura da terra.

Fonte: SILVA (2016).

Andrade (1961) aponta que o ponto mais problemático da conversão das matas para cafezais relaciona-se à forma de plantio que seguia a linha de maior declive. O modo de plantio seguindo a linha de maior declive favoreceu o carreamento de solos férteis para as várzeas com o escoamento superficial. A estrutura atual é resultado das ações antrópicas historicamente desenvolvidas na área. Nesse sentido, é problemático termos mais de 70% de pastagens para cobertura da terra, fato agravante é que a maior parte destas é de pastagens degradadas, que associam diversos processos erosivos, que estão muito presentes na paisagem regional. A Tabela 1 apresenta as proporções de uso e cobertura da terra para área de estudo.

Tabela 1 – Uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Ubá.

<b>Classes de uso</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>(%)</b>
Pastagem	25846	73,442
Mata	6614,2	18,794
Área urbanizada	1428,7	4,0596
Silvicultura	1073,8	3,0511
Cultura de ciclo curto	158,75	0,4511
Solo exposto	35,963	0,1022
Cafeicultura	34,983	0,0994
<b>TOTAL</b>		<b>100,00</b>

Fonte: SILVA (2016).

A sucessão de ciclos econômicos e agropecuários na área causou graves repercussões no quadro ambiental. A substituição dos cafezais pela pecuária resultou em um comprometimento das funções geocológicas dos diferentes setores. A pecuária extensiva nunca foi desenvolvida em acordo às potencialidades e limitações do meio e esse quadro de manejo inadequado promoveu a compactação dos solos pelo pisoteio, formando, assim, em quase toda bacia, inúmeros terracetes nas encostas (Figura 9).



Figura 9 – Vertente com terracetes formados pelo pisoteio do gado – Miragaia.

Foto: Silva, 2019.



Atualmente, as matas somam 13,79% da bacia, estando em sua vasta maioria relacionadas aos setores de maior declividade e topos de morro, ou seja, áreas de acesso limitado. As classes definidas como áreas urbanas, silvicultura, culturas de ciclo curto e solo exposto correspondem a menos de 8% das áreas da bacia. Os processos morfogenéticos definem a dinâmica nessas classes, sobretudo devido à limitada proteção conferida ao solo. De certo, tais classes fornecem elevada carga sedimentar para os corpos hídricos, comprometendo, em grande medida, a qualidade hídrica e funcional do sistema lótico.

### *Estilos Fluviais no Contexto do Ribeirão Ubá*

A aplicação da metodologia dos Estilos Fluviais, conforme a proposta de Brierley e Fryirs (2005), seguindo os avanços metodológicos introduzidos por Marçal et al. (2017) e Santana e Marçal (2020), possibilitaram reconhecer características geomorfológicas e funcionais para diferentes segmentos do canal. Desta maneira, foram reconhecidos cinco Estilos Fluviais para o canal (Figura 10): 1. Vale Confinado, margem controlada por substrato rochoso (Vale confinado, margem controlada por substrato rochoso (*EF-VC margem controlada por substrato rochoso*)); 2. Vale Parcialmente Confinado, controlado por terraços e colúvios (*EF-VPC margem controlada por terraços e colúvios*); 3. Vale Lateralmente não Confinado, meandrante (*EF-VLNC meandrante*); 4. Vale Lateralmente não Confinado, retificado (*EF-VLNC retificado*); e 5. Vale Lateralmente não Confinado, meandrante em perímetro urbano (*EF-VLNC meandrante em perímetro urbano*).

O Estilo Fluvial Vale confinado, margem controlada por substrato rochoso (*EF-VC margem controlada por substrato rochoso*), está associado às zonas de cabeceiras no contexto escarpado da bacia, marcados por uma declividade acentuada dada pelos controles estruturais no leito. O leito é predominante rochoso, formado por cascalhos e seixos, apresentando fluxo turbulento, representado pelas cascatas e *knickpoints*, marcando a tendência de ajuste vertical e alta produção de sedimentos relacionada aos processos incisivos, sendo, portanto, uma área bem definida de produção de sedimentos. A forma em planta do canal apresenta baixa sinuosidade, devido à baixa capacidade de ajuste lateral. O gradiente hidráulico é o mais alto para bacia (133 m/km), assim como a amplitude altimétrica que supera 400 m, possibilitando a elevada incisão do canal no respectivo segmento. Desse modo, podemos concluir que neste contexto o canal apresenta elevado potencial erosivo, bem marcado pelo processo de incisão fluvial.

Em sequência ao estilo anterior, temos o Estilo Fluvial Vale parcialmente confinado, controlado por terraços e colúvios (*EF-VPC margem controlada por terraços e colúvios*) marcando o sopé das escarpas, com uma extensão de 2,64 km. O trecho apresenta retili- neidade, e congrega blocos e matacões mobilizados do estilo à montante. Caracterizado por corredeiras e *knickpoints* espaçados e um leito com predomínio de cascalhos. Certamente, a amplitude altimétrica de 60 metros e gradiente hidráulico alto (32 m/km) confere ao canal uma energia cinética refletindo no potencial erosivo do trecho. De maneira geral, o estilo pode ser compreendido como um segmento transitório entre os processos erosivos e deposicionais, assim como a unidade geomorfológica a ele associado, sendo controlado lateralmente, sobretudo, por colúvios mobilizados das porções remontantes e terraços em alguns segmentos.



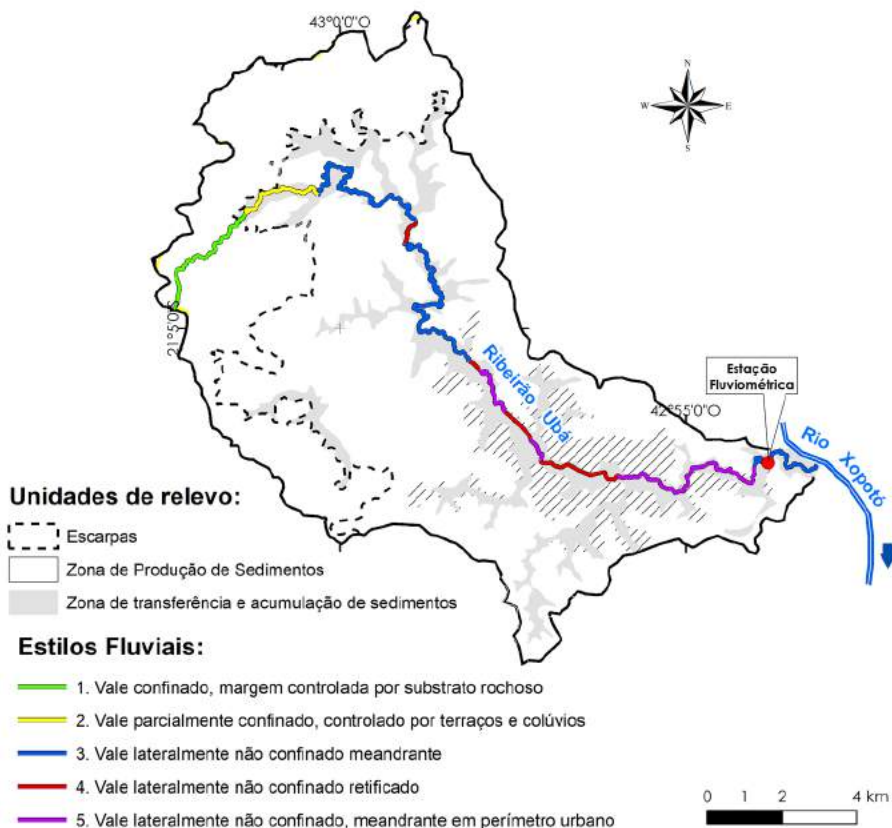


Figura 10 – Estilos Fluviais e unidades de relevo

Fonte: SILVA (2016).

O Estilo Fluvial Vale lateralmente não confinado meandrante (*EF-VLNC meandrante*) possui uma extensão superior a 16 km, englobando os compartimentos morfológicos mais rebaixados, sobretudo morros e colinas. Nesse sentido, destaca-se uma altitude média de aproximadamente 350 metros, e uma amplitude altimétrica sempre inferior a 80 metros. O gradiente hidráulico, por sua vez, é baixo (10,43 m/km), contribuindo para o predomínio dos processos deposicionais e menor controle lateral do canal. O somatório das características anteriores viabiliza a formação de planícies de inundações extensas e um canal meandrante. Os processos morfotectônicos, discutidos por Oliveira et al. (2014), favorecem uma colmatação holocênica dessas planícies. Com isso, a forma em planta para o segmento é de um canal contínuo, único, majoritariamente meandrante e com elevada capacidade de ajuste lateral, dado pelo inexpressivo controle estrutural ativo, sendo um setor no qual predominam os processos de sedimentação fluvial, definindo um leito arenoso. Nessa perspectiva, também é possí-

vel dar ênfase a diversas barras de pontal ao longo do canal e meandros abandonados ao longo das planícies.

O Estilo Fluvial Vale lateralmente não confinado retificado (*EF-VLNC retificado*) envolve segmentos canalizados, circunscritos em sua maior parte em trechos urbanos. Entretanto, esse estilo também ocorre em menor número em segmentos rurais, nos quais o canal foi retificado para ampliação de áreas agricultáveis e pastagem para o gado de leite, principalmente nos setores mais a montante. A extensão aproximada do respectivo Estilo Fluvial é de 4,34 km, apresentando em quase toda sua extensão um aspecto retilíneo. A amplitude altimétrica é de 40 metros, com um gradiente hidráulico de 10,16 m/km, sendo, portanto, um baixo gradiente. Nesse sentido, a conectividade com as encostas e controle lateral atualmente são baixos, apesar das amplas planícies que envolvem o canal.

Por último, temos o Estilo Fluvial Vale lateralmente não confinado em perímetro urbano (*EF-VLNC meandrante em perímetro urbano*), o qual tem como principais atributos um canal meandrante com suas planícies ocupadas por infraestruturas urbanas. A amplitude é de 67 metros, com um gradiente hidráulico de cerca de 12,52 m/km, o canal é, em toda sua extensão de 7,54 km, meandrante e lateralmente não confinado, apresentando variados graus de conectividade com as encostas adjacentes. O material do leito do canal é arenoso, predominando processos de sedimentação, consubstanciando a formação de barras e ilhas fluviais ao longo do canal.

Os Estilos Fluviais *EF-VLNC retificado* e *EF-VLNC meandrante em perímetro urbano* são decorrentes das modificações antropogênicas impostas na bacia ao Estilo Fluvial *EF-VLNC meandrante*. Ainda que as alterações nos Estilos Fluviais modificados, sobretudo no Estilo Fluvial *EF-VLNC retificado*, tenham buscado reduzir os possíveis impactos da dinâmica fluvial ao sítio urbano, as alterações ocasionaram outros problemas. Nesse sentido, com as modificações na calha do canal se teve uma ampliação na capacidade transferir sedimentos e suportar as vazões de cheias normais. Aliás, a referida alternativa não foi nada eficiente na contenção de eventos de elevada precipitação, dada a baixa conectividade do canal com os Estilos Fluviais a jusante e a montante. Assim, se consolidou um quadro favorável a eventos de inundação. Desde então, temos vários registros de inundação para a bacia com graves prejuízos para as populações afetadas.

O padrão identificado para as inundações demonstra uma baixa conectividade do canal. Nesse sentido, a baixa conectividade está relacionada à alternância de processos relacionados aos diferentes Estilos Fluviais, o que implica em diversas configurações nas características morfológicas do canal e em sua capacidade de ajuste às vazões dos períodos de elevada precipitação. Dessa maneira, compreende-se que contribui para as inundações o fato de os segmentos do *EF-VLNC retificado* possuírem uma seção transversal artificial, construída para favorecer um rápido escoamento da drenagem. Em contrapartida, os segmentos de *EF-VLNC meandrante em perímetro urbano* têm uma capacidade de escoamento menor, dada as especificidades de uma canal meandrante, o que o torna ineficaz para o escoamento de grandes volumes em um curto período de tempo, o que geralmente é demandado do segmento em episódios de elevado acúmulo de precipitação.

Entretanto, as mudanças ambientais não se resumem às modificações no padrão morfológico do canal e de suas interações com as margens. Decerto, as modificações físicas do sistema refletem em alterações ecológicas em distintas escalas.

Os atributos avaliados no processo de classificação dos Estilos Fluviais são apresentados de forma conjunta na Figura 11.

### *As Relações dos Estilos Fluviais com os Fenômenos Ecológicos*

As relações geomorfológicas e ecológicas podem ser compreendidas na escala do canal, esse foi um esforço realizado por Vannote et al. (1980), na Teoria do Rio Contínuo. Nesse sentido, buscou-se identificar a relação de atributos ecológicos com os aspectos físicos do canal, sobretudo aqueles analisados no processo de classificação dos Estilos Fluviais. Desta maneira, se organizou os dados obtidos em campo para os fenômenos ecológicos para cada Estilo Fluvial, com intuito de compreender as principais características locais.

O Estilo Fluvial *EF-VC margem controlada por substrato rochoso* apresenta como característica ecológica principal uma elevada entrada alóctone de matéria orgânica, sobretudo matéria orgânica particulada grosseira dada a maior proporção de vegetação ripária. O segmento apresenta características heterotróficas e predomínio de organismos retalhadores/fragmentadores dessa matéria orgânica particulada oriunda de galhos e troncos. Nesse sentido, a entrada de menor luminosidade, dada a proteção do dossel das árvores, favorece a condição heterotrófica. A vegetação ripária nesse segmento é de suma importância para os fenômenos ecológicos, desempenhando inúmeros papéis, como estabilização das margens do canal, manutenção do equilíbrio térmico e *input* de matéria orgânica que será consumida ao longo do canal.

O elevado gradiente hidráulico (133,24 m/km) faz com que a velocidade do fluxo seja a mais alta para bacia, no entanto, a vazão tende a ser a menor de todos segmentos, dada a menor área de contribuição a montante. Entretanto, isso oferece condições para uma maior taxa de Oxigênio Dissolvido (OD) e baixa Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), o que favorece a proliferação de organismos aeróbicos. Nesse sentido, conclui-se que o segmento *EF-VC margem controlada por substrato rochoso* também oferece nicho ecológico adequado para algumas espécies de peixes dependentes de águas mais oxigenadas, frias e limpas, podemos destacar a presença de perífitos. Assim, é importante enfatizar que o segmento é o único, em termos ecológicos, mais “equilibrado”, o que pode indicar uma eficiência da Área de Preservação Ambiental (APA) de Miragaia, criada em 2002, que confere um efeito tampão e protege o canal fluvial e seus processos ecológicos.

Estilo Fluvial	Extensão (km)	Grau de Confinamento	Sinuosidade	Forma em Planta	Compartimentos Morfológicos		Amplitude (m)	Gradiente hidráulico
					Max.	Min.		
1. Vale confinado, margem controlada por substrato rochoso	3,94	92,1%	1,26	Canal contínuo, retilíneo com alta estabilidade lateral	Serras	Escarpadas	418	133,24
2. Vale parcialmente confinado, controlado por terraços e colúvios	2,64	63,7%	1,42	Canal contínuo, retilíneo com média estabilidade lateral	Planícies e Morros		60	32,16
3. Vale lateralmente não confinado meandrante	16,66	6,3%	2,15	Canal contínuo, meandrante com baixa estabilidade lateral	Planícies Fluviais		80	10,43
4. Vale lateralmente não confinado retificado	4,34	3,2%	1,08	Canal contínuo, linear com baixa estabilidade lateral	Planícies Fluviais		40	10,16
5. Vale lateralmente não confinado, meandrante em perímetro urbano	7,54	8,9%	1,32	Canal contínuo, meandrante com baixa estabilidade lateral	Planícies Fluviais		67	12,51

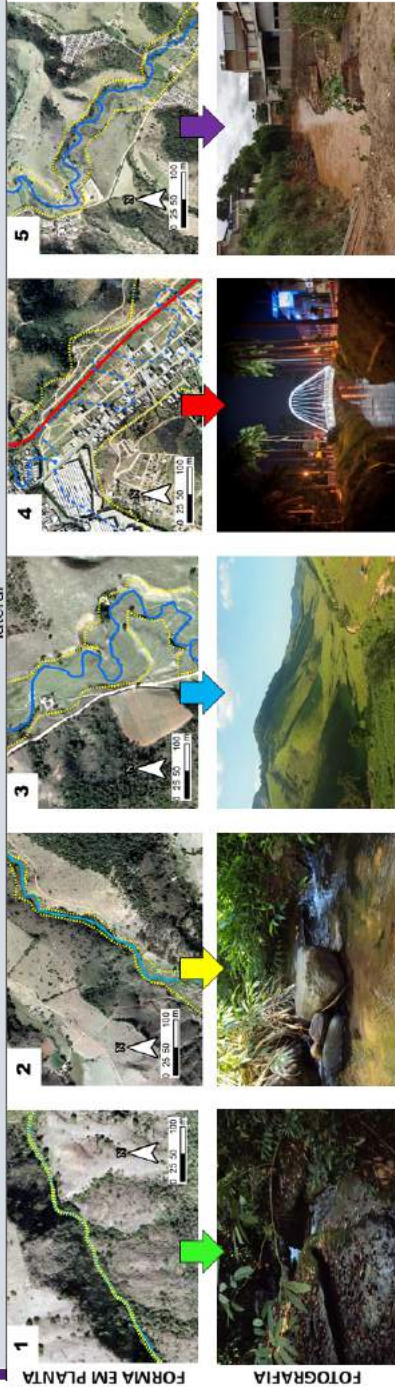


Figura 11 – Quadro de atributos, forma em planta e fotografia dos Estilos Fluviais do Ribeirão Ubá. 1. EF-VC margem controlada por substrato rochoso; 2. EF-VPC margem controlada por terraços e colúvios; 3. EF-VLNC meandrante; 4. EF-VLNC retificado; e 5. EF-VLNC meandrante em perímetro urbano.

Elaborado pelo autor.

O Estilo Fluvial *EF-VPC margem controlada por terraços e colúvios* mantém seu aspecto transitório para os fenômenos ecológicos, nesse segmento se tem um aumento da luminosidade, devido ao aumento da largura do canal e diminuição da cobertura florestal. Nesse sentido, o ecossistema passa a ser mais autotrófico, com o predomínio de organismos produtores, como o fitoplâncton, entre outros, assim como macroinvertebrados filtradores. Com isso, para esse trecho, a matéria orgânica autóctone assume uma maior importância, estando em termos granulométricos mais fragmentada. O gradiente hidráulico alto (32,16) que reflete uma velocidade alta de transporte, junto com o aumento da vazão, em sincronia com uma concentração baixa de matéria orgânica alóctone, favorece um alto índice de OD e, conseqüentemente, uma baixa DBO. Embora compreenda que o OD não apresente modificações significativas, em relação ao segmento a montante, as variações já permitem o surgimento de organismos bentônicos mais independentes de elevada oxigenação.

O Estilo Fluvial *EF-VLNC meandrante* como segmento de maior expressão no rio principal apresenta também uma maior diversidade de ambientes ecológicos. Os fenômenos ecológicos são produtos diretos dos usos do canal, usos e alterações, tanto do leito do canal, como de suas margens. De modo geral, as modificações no canal para o segmento estão ligadas à redução gradativa da matéria orgânica, aumento da luminosidade, dada principalmente pela ampliação da calha e planície em um contexto no qual a vegetação ripária foi suprimida e substituída por gramíneas exóticas, que marcam as paisagens rurais da bacia. O segmento a montante do perímetro urbano possui características distintas do trecho a jusante, sobretudo relacionado aos aspectos tróficos.

Assim, se interpreta que no segmento à montante os organismos heterótrofos reasumem o predomínio para o trecho, devido à produção primária a jusante, o que resulta no sustento desses organismos consumidores; já no trecho a jusante do perímetro urbano o quadro se inverte pela deterioração da qualidade da água, níveis de OD e DBO, resultando em um desequilíbrio na relação desses organismos. Como consequência direta, os organismos autótrofos assumem a predominância nos segmentos finais, devido principalmente à eliminação de condições ecológicas mínimas para a manutenção de organismos heterótrofos, sobretudo os macroinvertebrados aquáticos devido à degradação da qualidade da água nesses segmentos.

Nesse aspecto, segundo o monitoramento feito pelo IGAM (2018b), foi identificada uma carga elevada de DBO a jusante do perímetro urbano (acima de 13,7 ton. DBO/dia). O resultado reforça o quadro de desordem presente nos segmentos finais do Estilo Fluvial *EF-VLNC meandrante* confirmando o comprometimento do corpo hídrico, devido uma elevada carga de matéria orgânica oriunda do lançamento de esgoto doméstico e efluentes industriais não tratados.

Os trechos classificados como Estilo Fluvial *EF-VLNC retificado* reúnem diversas alterações dos processos físicos e ecológicos do canal ao longo dos seus mais de 4 km de extensão, que se alternam com outros estilos. Desse modo, o trecho é marcado por sua retilinearidade, o que contribui para uma maior velocidade de escoamento, mesmo com menor gradiente hidráulico para o rio principal (10,16 m/km). A velocidade de escoamento nesse segmento faz com que, em episódios de elevada vazão, em períodos chuvosos, as margens sejam erodidas, impactando as vias dispostas nas adjacências. Em resposta à adição de efluentes domésticos e industriais não tratados, o Estilo Fluvial *EF-VLNC retificado*



apresenta uma clara eutrofização, ausência de organismos respiradores e emissão de odores, sobretudo de ácido sulfídrico e amônia (IGAM, 2018b).

A DBO no Estilo Fluvial *EF-VLNC retificado* é alta (acima de 13,7 ton. DBO/dia) dada a eutrofização e somatório de impactos que elevam o quadro de predomínio de organismos anaeróbicos. Dessa forma, tem-se um aumento da produção primária nesses segmentos, relacionado, principalmente, ao declínio dos organismos dependentes de maiores concentrações de oxigênio, como os macroinvertebrados bentônicos. Nesse sentido, o segmento apresenta uma colonização de organismos autotróficos, macrófitas e fitoplanctons, que têm seu desenvolvimento promovido pelo aumento da largura do canal e luminosidade. Com isso, a produção autóctone se eleva acentuado o quadro de eutrofização, inicialmente produzido pelos efluentes não tratados.

O Estilo Fluvial *EF-VLNC meandrante em perímetro urbano* possui uma extensão de 7,54 km, entretanto, assim como o *EF-VLNC retificado* o segmento se alterna com outros Estilos. De um modo geral, o aspecto alternado não é a única semelhança entre os Estilos Fluviais mencionados anteriormente, uma vez que os impactos do lançamento de efluentes não tratados que promoveram a eutrofização e consolidação de um ambiente autotrófico, dominado por macrófitas e fitoplânctons, são partilhados por ambos segmentos. Entretanto, dado as características hidrodinâmicas particulares do Estilo Fluvial *EF-VLNC meandrante em perímetro urbano* os impactos se concentram no respectivo trecho.

Dessa forma, os impactos estabelecidos a montante literalmente se acumulam nos segmentos do *EF-VLNC meandrante em perímetro urbano*, devido à menor velocidade de transporte característica desse segmento sinuoso, mesmo tendo, de modo geral, um gradiente hidráulico maior que os segmentos a montante e a jusante. Em termos de fenômenos ecológicos, os Estilos Fluviais *EF-VLNC meandrante em perímetro urbano* e *EF-VLNC retificado*, que se dispõem de maneira alterada ao longo do rio principal, apresentam características similares, sobretudo relacionadas à presença de macrófitas, fitoplâncton e bactérias. Os relatórios do IGAM (2018a) indicam a contaminação do corpo hídrico nesses segmentos por *Escherichia coli* e uma elevada concentrações de fósforo e nitrogênio, confirmando, assim, o grau de eutrofização do meio lótico. Com relação a esses segmentos é possível afirmar categoricamente que as modificações na planície e interferências do assentamento urbano suplantaram as relações preditivas apresentadas por Vannote et al. (1980), o que era de se esperar dada a introdução de variáveis heterogêneas e específicas do local que a estrutura teórica-metodológica não tinha como competência abarcar.

Nesse sentido, acrescenta-se o fato dos segmentos dos Estilos Fluviais *EF-VLNC retificado* e *EF-VLNC meandrante em perímetro urbano* estarem assoreados. O assoreamento pode ser uma consequência da combinação de dois fatores: o primeiro fator pode ser o grau de degradação das pastagens, intensamente afetadas pela erosão laminar que contribui para emissão de carga sedimentar para os vales; o segundo elemento está relacionado à diminuição da vazão do canal, consequência direta do elevado número de outorgas de poços artesianos, cerca de 28% do total de todas solicitações no município (CUNHA, 2013). A conjugação dos dois elementos é catastrófica para o canal, o primeiro elemento promove a emissão de sedimentos no canal, já o segundo compromete, de um modo decisivo, a competência de transporte desses sedimentos. Como resultado temos uma elevada taxa de sedimentação e formação de ilhas fluviais em diversos segmentos do canal.



A Figura 12 e Quadro 1 reúnem o resumo das relações dos Estilos Fluviais e fenômenos ecológicos identificados e destacados anteriormente.

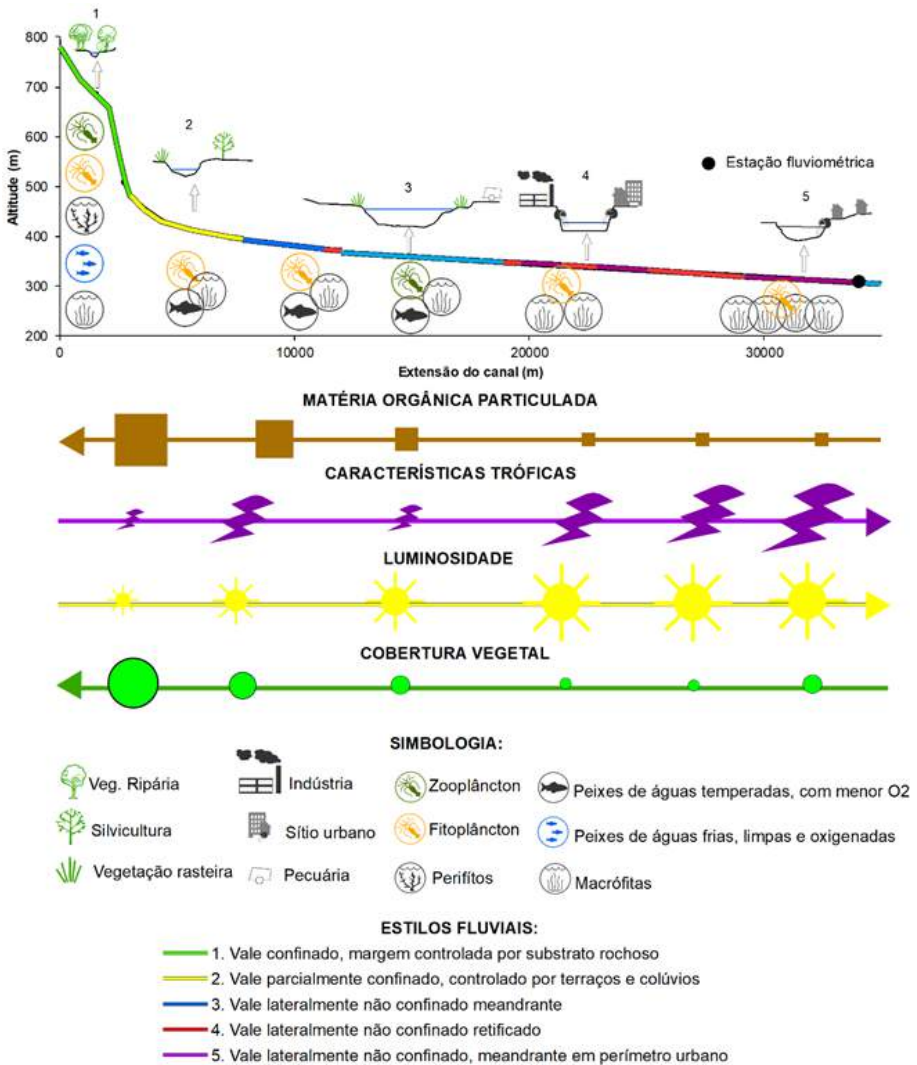


Figura 12 – Características morfológicas, ecológicas e antrópicas do canal fluvial. Os distintos usos e processos geomorfológicos associados aos fatores e elementos ecológicos sustentam distintos nichos ecológicos e padrões biofísicos ao longo do canal fluvial. Elaborado pelo autor.

Por fim, é importante enfatizar que as modificações da planície promoveram uma incompetência no encaminhamento da vazão, consolidando condições ideais para os processos de inundações (Figura 13a), até mesmo nas adjacências dos segmentos *EF-VLNC retificado*, resultando em erosão nas margens do canal (Figura 13b). A variação nas competências de transporte de sedimentos dos Estilos Fluviais, devido às intervenções antrópicas, em conjunto com o lançamento de efluentes domésticos e industriais não tratados demandam ações urgentes pelos responsáveis da gestão municipal.

Quadro 1 – Síntese dos atributos e relações preditivas nos trechos de montante (M) e a jusante (J) segundo Vannote et al. (1980).

Parâmetro	Relação		Descrição
	M	J	
Matéria orgânica particulada	↑	↓	No trecho de cabeceiras, verifica-se uma maior presença de matéria orgânica grossa, enquanto nos segmentos a jusante se identifica um aumento da matéria orgânica particulada fina.
Produção primária	↓	↑	A produção primária é maior a jusante que a montante.
Luminosidade	↓	↑	No ponto de <i>montante</i> o dossel das árvores sombreia praticamente todo o leito do rio, enquanto a <i>jusante</i> a luz do sol consegue incidir diretamente sobre o leito.
Cobertura vegetal	↑	↓	A vegetação ripária no trecho de <i>montante</i> é mais preservada do que no trecho de <i>jusante</i> , seja no aspecto espacial (largura) como no aspecto biológico (diversidade).
Impermeabilização	↓	↑	A bacia de contribuição a <i>montante</i> encontra-se no interior de uma Área de Preservação Ambiental – APA, sendo, portanto, menos impermeabilizada do que a bacia de contribuição a <i>jusante</i> , marcada pelo desmatamento e urbanização.
Efluentes	↓	↑	O trecho de cabeceiras possui baixa antropização e, apesar de ser frequentado para recreação, não se observa a deposição de resíduos sólidos. Em contrapartida, no ponto de <i>jusante</i> há considerável presença de efluentes urbanos.
Oxigênio dissolvido	↑	↓	A <i>montante</i> a concentração de oxigênio dissolvido é maior, contudo, é produto de processos físicos (maior hidrodinâmica). A <i>jusante</i> , em condições naturais, o OD é fruto da produção primária (fotossíntese). No caso em análise verifica-se uma redução em face da presença de efluentes domésticos.

Parâmetro	Relação		Descrição
	M	J	
Macroinvertebrados aquáticos	↑	↓	A <i>montante</i> esses organismos são mais presentes, a <i>jusante</i> , sobretudo após o canal receber os efluentes não tratados do sítio urbano, os mesmos não encontram condições adequadas de sobrevivência, principalmente dada pela eutrofização e características anaeróbicas.
Assoreamento	↑	↓	A <i>jusante</i> o assoreamento tende a ser maior dada a diminuição da velocidade de carreamento e aumento dos sedimentos, tanto pela ampliação do processo erosivo, como pelo aumento da captação de água.
Vazão	↓	↑	A <i>montante</i> a vazão do rio tende a ser menor em comparação a <i>jusante</i> , uma vez que a bacia de contribuição cresce no sentido montante-jusante quando não há evidências de perda significativa do volume hídrico por captação, evaporação ou outros fenômenos físicos. Assim, em períodos de seca, esse padrão não se sustenta, dado o fato da captação a montante que se observa na bacia.
Velocidade	↑	↓	No ponto de <i>montante</i> , apesar de o rio possuir menor área da bacia de contribuição, a velocidade média da corrente é maior do que no ponto de <i>jusante</i> . Ou seja, a montante o regime é mais turbulento, de forma que a agitação favorece a incorporação do oxigênio atmosférico ao fluido.

“↑” indica em qual ponto um determinado parâmetro é maior quando comparado com seu paradigma menor (“↓”).



Figura 13: Inundação e processos erosivos ao longo do segmento retificado.  
**a** – Inundação provocada pelo Ribeirão Ubá em 24/01/2020. Fonte: G1 Zona da Mata (2020); **b** – Erosão nas margens do Ribeirão Ubá, Centro de Ubá em 11/02/2020. Foto: Silva, 2020.

## Considerações Finais

Com relação aos objetivos colocados, a pesquisa permitiu reconhecer alguns aspectos importantes das interações entre a escala ecológica e geomorfológica para o rio principal da bacia do Ribeirão Ubá. A análise dos aspectos ecológicos e hidrológicos para o canal permitiu identificar a influência dos processos antropogênicos e apontar os principais impactos decorrentes das atividades urbanas e industriais desenvolvidas na bacia.

De forma resumida, cabe enfatizar que os resultados apontam para um comprometimento da qualidade ambiental e dos processos geoecológicos para área, sobretudo decorrente da supressão de vegetação nativa e da perda da funcionalidade do canal fluvial em eventos de grande precipitação. O grau de entropia identificado na bacia é expresso no canal principal por segmentos com distintas competências para erosão, transporte e sedimentação de matéria, refletindo na baixa conectividade do canal e, conseqüentemente, nas inundações e processos erosivos nos trechos em que o canal corta o tecido urbano.

As alterações ambientais que marcaram os distintos períodos históricos de uso e ocupação dos recursos naturais resultaram em uma sinergia de impactos nas esferas ecológicas e geomorfológicas da bacia. Nesse sentido, os segmentos mais modificados pela ação antrópica apresentam uma alta deterioração dos aspectos físicos do canal, mas, sobretudo, das sensíveis relações ecológicas dos ambientes lóticos. Certamente, as relações ecológicas foram altamente afetadas, o que justifica o quadro apontado pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) e compartilhado nessa pesquisa.

Por fim, cabe enfatizar a necessidade de adotar estudos integrados nos diagnósticos ambientais. É fundamental promover um diagnóstico e prognóstico claro e objetivo às autoridades, auxiliando o poder público no desenvolvimento de estratégias adequadas para garantir a conservação da biodiversidade aquática e padrões mínimos de qualidade socioambiental que possam refletir na qualidade dos corpos hídricos, seja pela sua importância para o abastecimento humano ou para práticas recreativas, mas também como um componente da paisagem que pode ser compreendido como um indicador de qualidade ambiental para o contexto local e, até mesmo, regional.

## Agradecimentos

À Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Mônica Marçal e ao Prof. Dr. Ricardo Gonçalves pelas orientações e discussões no âmbito da disciplina intitulada Geomorfologia e Ecologia de Bacias Hidrográficas, ofertada pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG/UFRJ).

## Referências Bibliográficas

- AB'SÁBER, A. N. *Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas*. São Paulo: Ateliê Editora, 2003.
- ALMEIDA, F. F. M. Origem e evolução da plataforma brasileira. *Boletim DNPM-DGM*, Rio de Janeiro, v. 241, 1967. 36p.

ANDRADE, M. C. Aspectos geográficos da região de Ubá. *Anais da Associação dos Geógrafos Brasileiros*, São Paulo, avulso n. 1, 1961.

BULL, W. B.; WALLACE, R. E. Tectonic geomorphology. *Geology*, Penrose Conference Report, p. 216, 1985.

BARBOSA, D. S.; ESPÍNDOLA, E. L. G. Caracterização da macrofauna bentônica do rio Uberaba-MG. *Anais*, Juiz de Fora, [s.n.], 2003.

BRIERLEY, G.J.; FRYIRS, K.A. *Geomorphology and river management: applications of the River Styles Framework*. Hoboken: Blackwell Publishing, 2005. 398 p.

BROWN E.H. Man shapes the Earth. *The Geographical Journal*, v. 136, n. 1, p. 74-85, 1970.

CPRM (Serviço Geológico do Brasil); CODEMIG (Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais. *Mapa Geológico de Minas Gerais*. Belo Horizonte, 2014. Convênio CPRM/CODEMIG. Escala: 1:1.000.000.

CUNHA, M. S. A. *Análise espacial dos usos de água outorgados para a bacia do Ribeirão Ubá (MG), no período de 2007 a 2012*. 2013. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

DELGADO, C. Ubá está em estado de atenção devido às fortes chuvas. *G1 Zona da Mata*, Juiz de Fora, 24 jan. 2020. Disponível em: <<https://g1.globo.com/mg/zona-da-mata/noticia/2020/01/24/uba-esta-em-estado-de-atencao-devido-as-fortes-chuvas.ghtml>>. Acesso em: 24 jan. 2020.

ESRI 2019. *ArcGIS Desktop*: Release 10.8 Redlands, CA: Environ. Systems Res. Institute.

FERREIRA, F. C.; SOUZA, U. P.; PETRERE JR., M. Zonação longitudinal da ictiofauna em ambientes lóticos. *Boletim da Sociedade Brasileira de Limnologia*, v. 1, n. 38, 2010.

GILBERT, J. T.; MACFARLANE, W. W.; WHEATON, J. M. The Valley Bottom extraction tool (V-BET): A GIS tool for delineating valley bottoms across entire drainage networks. *Computers & Geosciences*, v. 97, p. 1-14, jul. 2016.

HEILBRON, M; EIRADO, L. G.; ALMEIDA, J. *Mapa geológico e de recursos minerais do estado do Rio de Janeiro*. Belo Horizonte: CPRM, 2016. Escala 1:400.000.

IBGE. *Ubá*: Folha SF-23-X-D-II-1. 1. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. Carta Topográfica. Escala 1:50.000.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. *Relatório anual de gestão e situação dos recursos hídricos de Minas Gerais – 2014/2017* / Instituto Mineiro de Gestão das Águas – Belo Horizonte: IGAM, 2018a.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. *Avaliação da qualidade das águas superficiais de Minas Gerais em 2017*: resumo executivo anual. Belo Horizonte: IGAM, 2018b.

MARÇAL, M. S.; BRIERLEY, G.; LIMA, R. Using geomorphic understanding of catchmentscale process relationships to support the management of river futures: Macaé basin, Brazil. *Applied Geography*, v. 84, p. 23-41, 2017.

NOCE, C.M.; ROMANO, A.W.; PINHEIRO, C.M.; MOL, V.S.; PEDROSA-SOARES, A.C. *Mapa geológico – folha Ubá (1:100.000)*. Projeto Sul de Minas-Etapa I. CODEMIG/UFMG. CD-ROM, 2003.

OLIVEIRA, L.A.F.; MAGALHÃES JUNIOR, A.P.; LIMA, L.B.S.; CARVALHO, A. Fatores condicionantes da configuração de fundos de vale colmatados na bacia do alto-médio rio Pomba, leste de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 15, p. 639-657, n. 4, 2014.

PETTS, G. E. A perspective on the abiotic processes sustaining the ecological integrity of running waters. *Hidrobiologia*, n. 422/423, p. 15-27, 2000.

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. 4, p. 1886-1903, 2020.

SANTOS, V. J. *Episódios pluviais intensos: um estudo de caso sobre o município de Ubá-MG*. 2013. 121 f. Monografia (Geografia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SILVA, C. M. T. *O sistema transcorrente da porção sudeste do orógeno Araçuaí e norte da faixa Ribeira: geometria e significado tectônico*. 2010. 221p. Tese (Doutorado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

SILVA, F. P. *Dinâmica da paisagem na bacia do Ribeirão Ubá (MG): interações entre a fisiologia da paisagem e a abordagem ecodinâmica*. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Geografia) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora.

USGS. *Shuttle Radar Topography Mission*, 1 Arc Second, Unfilled Unfinished 2.0, Global Land Cover Facility, University of Maryland, College Park, Maryland, February, 2000.

VANNOTE, R.L.; MINSHALL, G.W.; CUMMINS, K.W.; SEDEL, J.R. & CUSHING, C.E. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37: 130-137, 1980.

Recebido em: 20/02/2020

Aceito em: 04/04/2020