

## Sistema Rio-Planície De Inundação: Discussões Acerca Da Delimitação Da Área De Preservação Permanente A Partir Do Conceito De Conectividade

### The River-Floodplain System: Discussions On The Delimitation Of Permanent Protection Areas Based On The Concept Of Connectivity

Jucinei da Silva Arruda<sup>1</sup>

Gustavo Roberto dos Santos Leandro<sup>2</sup>

#### RESUMO

A delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APPs), tomando como critério a largura dos canais fluviais, não consegue abarcar a complexidade existente nos sistemas fluviais, onde encontram-se além do canal fluvial, a planície de inundação – compartimentos morfológicos que, em alguns trechos da bacia hidrográfica, configuram ambientes aluviais com interações dinâmicas entre processos e formas. Desse modo, o presente trabalho tem como objetivo discutir a função da zona ripária no sistema rio-planície de inundação, no contexto da bacia hidrográfica, a partir do conceito de conectividade. Para isso, foi realizada pesquisa bibliográfica e documental. A lei 9.433/97 é um instrumento inovador e moderno diante do desafio de equacionar a demanda crescente de água para fazer frente ao crescimento urbano, industrial e agrícola, aos potenciais conflitos de usos gerados pelo binômio disponibilidade-demanda, e ao preocupante avanço da degradação ambiental. Dessa forma, tem-se a bacia hidrográfica como recorte espacial e territorial de análise, para gestão e planejamento dos recursos hídricos. Assim, há a necessidade de que se estabeleçam, efetivamente, as Áreas de Preservação Permanente, previstas no Código Florestal Brasileiro (Lei 12.651/12), cuja principal função é a proteção e manutenção da qualidade e quantidade das águas para assegurar a vida, das presentes e futuras gerações. Assim, considera-se o conceito de zona ripária adequado para garantir a qualidade e quantidade dos recursos hídricos, pois compreende a interação entre vegetação, solo e um curso d'água, bem como suas funções e dinâmicas ambientais no contexto do sistema rio-planície de inundação.

**Palavras-chave:** Bacias Hidrográficas; Lei das Águas; Código Florestal Brasileiro; Conectividade; Sistemas Aluviais.

#### ABSTRACT

- 1 Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO) da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT; E-mail: [jucinei.arruda@unemat.br](mailto:jucinei.arruda@unemat.br); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8541-1674>.
- 2 Professor Visitante no Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO) da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT; E-mail: [gustavo.leandro@unemat.br](mailto:gustavo.leandro@unemat.br); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9349-5337>.

Delimiting Permanent Protection Areas by taking the width of river channels as a criterion does not suffice to account for the complexity of river systems, where not only river channels are present but also floodplains – which are morphological compartments that, in some stretches of the river basin, configure alluvial environments with dynamic interactions between processes and forms. In this vein, this paper aims to discuss the function of riparian zones in the river-floodplain system, in the context of the river basin, based on the concept of connectivity. To this end, bibliographic and documentary research was carried out. Law 9.433/97 is an innovative and modern instrument in the face of the challenge of equating the growing demand for water to cope with urban, industrial and agricultural growth, the potential conflicts of use generated by the binomial availability-demand, and the worrying advance of environmental degradation. The river basin therefore was utilized as the study's spatial and territorial delineation as concerns management and planning of water resources. Thus, there is a need to effectively establish Permanent Protection Areas, as provided for in the Brazilian Forest Code (Law 12.651/12), whose main function is to protect and maintain the quality and quantity of water for the survival of the present and future generations. In this regard, the concept of riparian zones is considered adequate in the context of guaranteeing the quality and quantity of water resources, as it embraces the interaction between vegetation, soil and a watercourse, as well as their functions and environmental dynamics in the context of the river-floodplain system.

**Keywords:** River Basins; the Water Law; the Brazilian Forestry Code; Connectivity; Alluvial Systems;

## INTRODUÇÃO

É certo que as discussões sobre a relação sociedade e natureza não são novas. Contudo, o avançado estágio de desenvolvimento das técnicas possibilitou ao homem transformar os sistemas ambientais com maior envergadura e rapidez. Com isso, o modelo capitalista de produção e acumulação de capital levou o homem a usar inadequadamente os recursos naturais.

Nesse contexto, os recursos hídricos ganham destaque, isso porque é um bem essencial para a manutenção de todas as formas de vida e de todas as atividades humanas, e, em casos como o brasileiro, a principal fonte de recursos hídricos são os sistemas fluviais. Assim, a Lei das Águas (9.433/97) estabeleceu como recorte espacial de análise, para a gestão e planejamento, a bacia hidrográfica em suas múltiplas escalas municipal, estadual e nacional (BRASIL, 1997). Com isso, os estudos voltados para o diagnóstico e manutenção da qualidade e quantidade das águas devem considerar os aspectos físicos do ambiente, suas dinâmicas e os múltiplos usos da água pelo homem.

Desse modo, no estudo do sistema fluvial proposto por Fisk (1944) e posteriormente aprofundado por Schumm (1977) em sua obra *The Fluvial System*, quando estudou o rio Mississippi,

tem-se o entendimento de que se trata de um sistema de processo-resposta, aberto, com uma área de entrada de matéria e energia (bacia de drenagem), uma área de transferência (rede de drenagem) e uma área de saída (foz), composto por variáveis físicas (sistema morfológico), processos dinâmicos interdependentes (sistema hidrológico) e bióticas (coberturas vegetais, usos e transformações na paisagem).

Com isso, destacam-se a complexidade e a dinamicidade das paisagens produzidas pelos sistemas fluviais, sobretudo pela ação da água nos canais fluviais e sua capacidade de remoção de materiais, transporte e deposição de sedimentos, principalmente no sistema rio-planície de inundação, situado nas áreas do baixo curso da bacia hidrográfica (STEVAUX; LATRUBESSE, 2017). Logo, nos ambientes aluviais, a cobertura vegetal é um dos elementos mais importantes para a proteção e manutenção do equilíbrio do sistema fluvial de uma bacia hidrográfica (CARVALHO; GALVÃO, 2017).

Diante da intensa dinâmica da bacia hidrográfica e seus sistemas fluviais, com a sazonalidade do regime de chuva e vazão, que extrapola a largura dos canais fluviais, os múltiplos usos e ocupação da terra e a exploração dos recursos naturais nesse contexto hídrico, pergunta-se: o código florestal consegue abarcar a complexidade do sistema rio-planície de inundação e cumprir com seus objetivos de assegurar a proteção que os canais fluviais precisam para a manutenção e o equilíbrio da bacia hidrográfica? Assim, este trabalho tem como objetivo discutir a função da zona ripária no sistema rio-planície de inundação, no contexto da bacia hidrográfica, a partir do conceito de conectividade (morfológica, hidrológica e ecológica).

## **METODOLOGIA**

Desenvolveu-se pesquisa bibliográfica e documental em livros, artigos científicos, teses, dissertações e legislações abrangendo as temáticas: bacias hidrográficas; sistema rio-planície de inundação; conectividade; sistemas aluviais; zona ripária; e Área de Preservação Permanente – APPs.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

## BACIAS HIDROGRÁFICAS COMO UNIDADE ESPACIAL DE ANÁLISE

A bacia hidrográfica corresponde a uma área de captação de água pluvial e da neve, que pode escoar como fluxo superficial acanalado (rios), fluxo superficial não acanalado (*hortoniano e hipodérmico*) e fluxo subterrâneo (*lençol freático*), sendo esse o principal recorte espacial de análise da geomorfologia fluvial (STEVAUX; LATRUBESSE, 2017), de análise e planejamento ambiental (GUERRA; MARÇAL, 2018), e conforme define a legislação brasileira para gestão e planejamento de recursos hídricos (BRASIL, 1997).

Tucci (2001) a vê como um sistema físico com uma entrada (volume de água caído) e uma saída (volume de água escoado pelo exutório), considerando as perdas de água que ocorrem por meio dos processos de evaporação, transpiração e infiltração. Assim, a bacia hidrográfica se refere a uma área ou porção da superfície terrestre, drenada por um rio principal e seus tributários ou afluentes, delimitada por divisores de água – interflúvios (SILVEIRA, 1993; SANTANA, 2003; LEANDRO, 2020). Como regra, a bacia hidrográfica recebe o nome do rio principal; a nascente principal é aquela de distância mais longa da sua foz (TUCCI, 2001).

Para Lima e Zakia (2000), as bacias hidrográficas são sistemas abertos que recebem energia por meio dos agentes climáticos e perdem energia através do deflúvio, podendo ser apresentadas em termos de variáveis que se relacionam e são interdependentes “que oscilam em torno de um padrão, ou seja, encontram-se em equilíbrio dinâmico”. Dessa maneira, em qualquer alteração feita no recebimento ou saída de energia, ou modificação na forma do sistema, haverá mudanças compensatórias a fim de restaurar o estado de equilíbrio dinâmico.

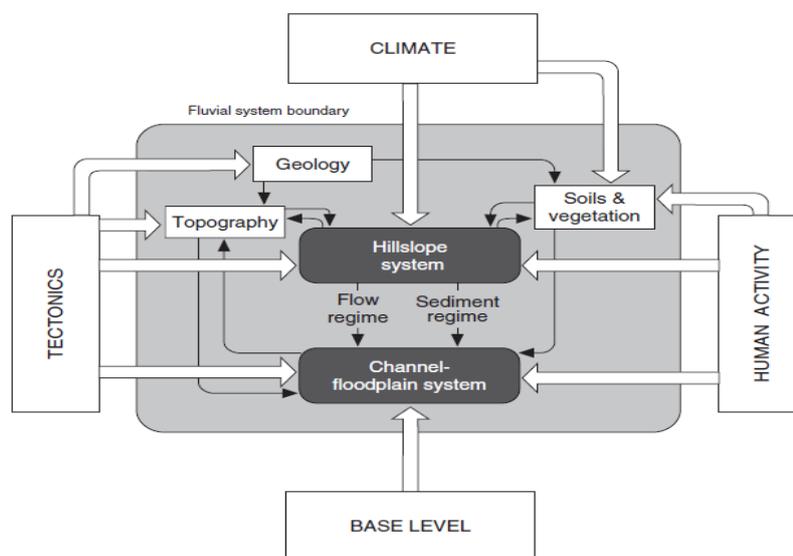
Em contribuição ao conceito de equilíbrio dinâmico proposto por Lima e Zakia (2000), Mattos e Perez Filho (2004) defendem a aplicabilidade do conceito de sistema complexo e estabilidade nos estudos de bacias hidrográficas, isso porque é um sistema aberto aos fluxos de matéria e energia Schumm (1977), formado por vários subsistemas que se inter-relacionam, resultando na organização do sistema como um todo integrado. A estabilidade do sistema diz respeito à capacidade dos sistemas de manter seu padrão de organização e funcionamento, mesmo submetidos a distúrbios ambientais. Contudo, a estabilidade sistêmica é relativa e dinâmica,

funciona como um mecanismo de autoajuste; dentro de um mesmo sistema pode haver elementos em estado de equilíbrio, desequilíbrio e não equilíbrio, acontecendo e interagindo em diferentes escalas espaço-temporais (MATTOS; PEREZ FILHO, 2004).

De acordo com Leandro (2020), a classificação de bacias hidrográficas segue diferentes critérios, sendo um deles o escoamento, e seus padrões são determinados pela direção que as águas fluem, e estes auxiliam na compreensão das dinâmicas internas e de seus efeitos a jusante. Horton (1945) e Strahler (1952) propuseram a ideia de hierarquia fluvial, com base no fato de que a composição da rede de drenagem obedece a um conjunto de leis. Assim, a rede de drenagem é composta de cursos d'água de primeira, segunda, terceira, quarta ou mais ordens. Segundo Teodoro (2007), alguns autores utilizam o termo microbacia para determinar rede de drenagem menores; todavia, Santana (2003) orienta a utilização do termo sub-bacia, visto que o termo microbacia é empírico.

Knighton (1998) argumenta que o caráter e o comportamento do sistema fluvial são determinados por um conjunto integrado de fatores controladores, tais como: geologia, clima, uso do solo e morfometria da bacia, os quais, juntos, determinam o regime hidrológico, a quantidade e o tipo de sedimentos fornecidos. Nesse contexto, o nível de base também é muito importante (Figura 1).

Figura 1. Representação simplificada do sistema fluvial

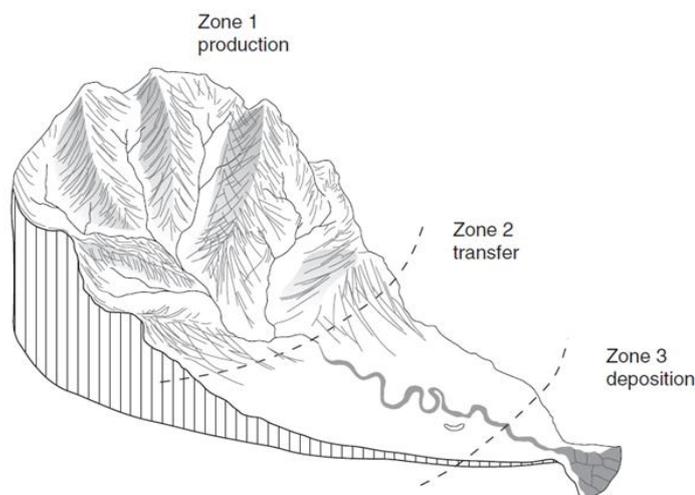


Fonte: Charlton (2007)

Assim, os sistemas fluviais naturalmente são considerados como sistemas dinâmicos, permitindo mudanças em seus compartimentos a partir de fatores ambientais. Por essa razão, os sistemas fluviais, em sua dinâmica de modelagem do relevo, produzem diferentes paisagens, ademais da capacidade de remoção de materiais, transporte e deposição (STEVAUX; LATRUBESSE, 2017). Com isso, a cobertura vegetal é um importante elemento de proteção e manutenção do equilíbrio do sistema fluvial de uma bacia hidrográfica (CUNHA; GUERRA, 2019).

Charlton (2007) aponta que na geomorfologia fluvial são identificados três tipos de sistemas: sistema morfológico, sistema de cascata e sistema de resposta a processos. O primeiro está relacionado às formas da superfície terrestre onde está localizado o canal fluvial; o segundo trata-se dos fluxos de água e sedimentos pelo canal fluvial; e, por último, o sistema de resposta a processos refere-se ao ajuste entre o sistema de cascata e às formas morfológicas. Desse modo, geomorfologicamente, a bacia hidrográfica é dividida em três zonas, de acordo com o processo dominante em cada zona (Figura 2).

Figura 2. Divisão do sistema fluvial de acordo com o processo dominante.



Fonte: Charlton (2007) adaptado de Schumm (1977)

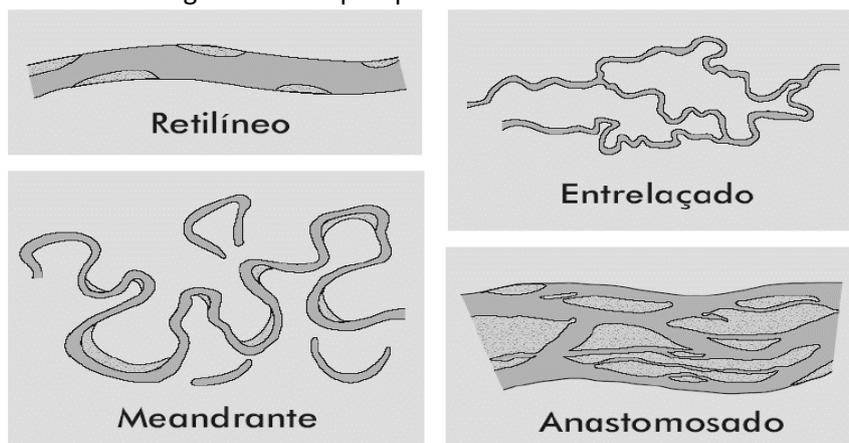
Na zona um, o processo morfológico dominante é a produção de sedimentos, ou seja, por desagregação, seja pelo trabalho do canal fluvial, pelo escoamento superficial ou através de movimentação de massas, por estar localizado nas áreas mais altas do relevo; na zona dois, o processo dominante é a transferência das áreas mais altas do relevo; próximo à foz está localizada a zona três, tendo como processo dominante a deposição, uma vez que se localiza nas áreas mais planas do relevo, onde se reduz a energia do canal e conseqüentemente sua capacidade de transportar sedimentos (CHARLTON, 2007).

A manutenção do equilíbrio dinâmico da rede de drenagem é de fundamental importância para manutenção da qualidade e quantidade dos recursos hídricos, isto é, da disponibilidade de água para as mais diversas atividades humanas. Por isso, a bacia hidrográfica é, na atualidade, um dos mais importantes recortes espaciais para a análise ambiental.

### SISTEMAS RIO-PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO

Outra característica bastante importante dos sistemas fluviais é a classificação dos tipos de canais fluviais (Figura 3). Riccomini *et al.* (2009) apontam que a maioria dos estudos relacionados aos rios e seus padrões de canais segue a seguinte classificação: retilíneos (*straight*), meandringes (*meandering*), entrelaçados (*braided*) e anastomosado (*anastomosed*).

Figura 3. Principais padrões de canais fluviais.

Fonte: Riccomini *et al.* (2009)

Os canais retilíneos apresentam trajeto reto, sem desviar significativamente sua trajetória normal em direção à foz. São rios raros, pois são controlados por linhas tectônicas, como quando o canal acompanha a linha falhas. Ocorre em caso de embasamento rochoso homogêneo (CHRISTOFOLETTI, 1981). Os canais entrelaçados configuram-se por múltiplos canais separados por ilhas e barras que se dividem e se unem de forma repentina em direção ao fluxo. As barras são consideradas instáveis, pois, no período das cheias, ficam submersas pelas águas e pela falta de vegetação; já as ilhas são estáveis, no período das cheias, ficam emersas (KNIGHTON, 1998).

Os canais anastomosados apresentam multiplicidade de canais, pequenos e rasos, que se subdividem e se encontram mais adiante de forma aleatória, separados por bancos e ilhotas aluviais que, no período das cheias, podem ficar submersos; os canais de fluxo são altamente mutantes, suas margens são frágeis devido a intensos processos erosivos (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Christofoletti (1981) descreve os canais meândricos como sendo aqueles que apresentam curvas sinuosas, largas e harmoniosas, guardando semelhanças entre si; as margens côncavas são marcadas pelo processo de escavação devido à maior velocidade de corrente; e as margens convexas favorecem a deposição de sedimentos devido à baixa velocidade da corrente.

Assim, Cunha (2001) aponta que, em bacias hidrográficas, as características em conjunto de *tipologias de leito*, *tipologia de canais* e *tipologia de padrões de drenagem* formam uma dinâmica peculiar das águas no canal de escoamento que, somada a uma *geometria e hidráulica*, resulta em

processos fluviais específicos. Assim, as características próprias de cada canal devem ser analisadas de acordo com a bacia hidrográfica. Tricart (1966) *apud* Christofolletti (1981) apresenta a tipologia de leitos e suas características (Quadro 1).

Quadro 1. Tipos de leito fluvial

Tipo de leito	Características
Leito de vazante	Está situado no leito menor e é utilizado para escoamento das águas baixas, há um dinâmica de serpenteamento entre as margens do leito menor, acompanhando o talvegue.
Leito menor	É bem delimitado, encaixado entre as margens, geralmente são bem definidas. O escoamento da água nesse leito pela regularidade impede o crescimento da vegetação.
Leito maior periódico ou sazonal	É regularmente ocupado pelas cheias, pelo menos uma vez por ano.
Leito maior excepcional	É por onde ocorrem as cheias mais elevadas, as enchentes. É submerso em intervalos irregulares, todavia, nem todos os anos.

Fonte: Tricart (1966) *apud* Christofolletti (1981)

Organização: Jucinei da Silva Arruda (2022)

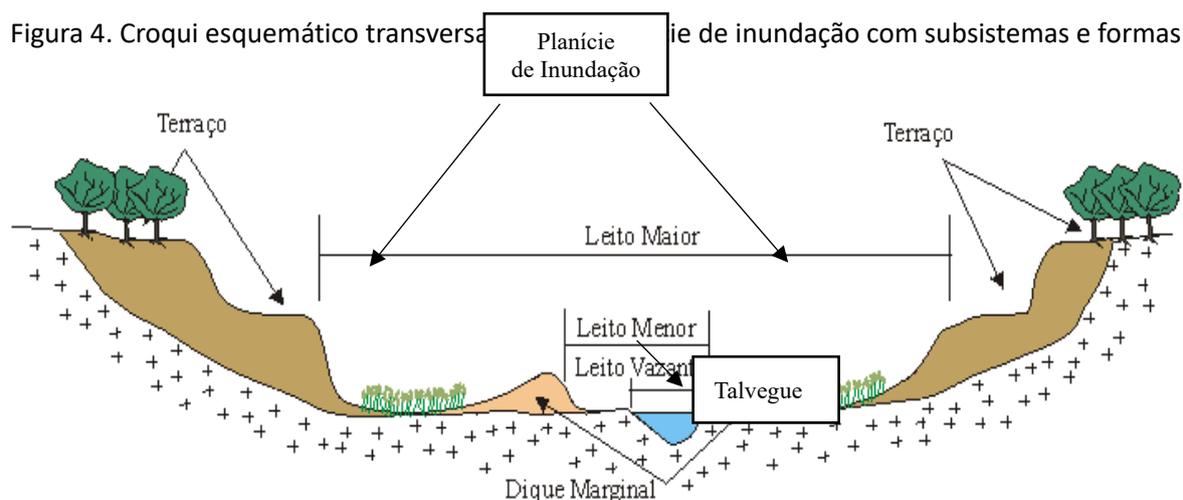
Diferentemente do canal fluvial, onde ocorrem exclusivamente os processos geomorfológicos aquáticos, a planície de inundação apresenta interações de processos aquáticos e terrestres (STEVAUX; LATRUBESSE, 2017). A planície de inundação é conceituada como sendo áreas presentes próximas aos canais fluviais ou lagos que são inundadas periodicamente pelo transbordamento no período de pulso de inundação (JUNK *et al.*, 1989). Rocha (2011, p. 51) aponta que a planície de inundação

[...] é uma feição deposicional do vale do rio associada com um regime climático ou hidrológico particular da bacia de drenagem. Os sedimentos são temporariamente estocados na planície de inundação ao longo do vale e, sob condição de equilíbrio, sem aumento ou diminuição por um longo tempo (anos), a taxa de entrada de sedimentos é igual à de saída.

Christofolletti (1981) destaca três formas deposicionais de sedimentos na planície de inundação, a saber: a) depósitos em canais fluviais – são formados pela atividade do fluxo do canais aluviais, englobando a sedimentação defasada da carga detrítica, os cordões marginais convexos, os bancos detríticos centrais e os depósitos de colmatagem de canais; b) depósitos nas margens – são formados nas margens do canais aluviais produzidos no período de transbordamento das águas, inserindo-se aqui os diques marginais e os depósitos de recobrimentos e; c) depósitos nas bacias de

decantação – são depósitos sedimentares com sedimentos muito finos, ocorrem no período de transbordamento dos canais que inundam as áreas deprimidas localizadas além dos diques marginais e incluem, também, os depósitos da bacia de inundação e dos pantanais.

Assim, a evolução morfológica dos canais fluviais e a dinâmica da planície são determinadas pelos pulsos de inundação ocorridos nos períodos de maior regime de chuva, que é escoada pela rede de drenagem, quando o alto volume de água extrapola o canal fluvial e introduz sedimentos de fundo e suspensão, material dissolvido, organismos e nutrientes na planície circundante (JUNK *et al.*, 1989; CHARLTON, 2007; JUSTINIANO, 2010; STEVAUX; LATRUBESSE, 2017). A Figura 4 apresenta um esquema simplificado demonstrando a planície de inundação com alguns subsistemas e formas associadas ao canal fluvial.



Disponível em: [Geodinâmica Externa 5 \(unesp.br\)](http://www.unesp.br)

Junk *et al.* (1989), ao considerarem o regime hidrológico nos sistemas fluviais e as feições geomorfológicas existentes no sistema rio-planície de inundação, identificam dois tipos de ambientes: os corpos aquáticos perenes, com a presença de água permanentemente; e os ambientes que, durante uma parte do ano, permanecem inundados, através do pulso de inundação, definidos como Zonas de Transição Aquática-Terrestre – ATTZ, as quais são caracterizadas por interações hidrodinâmicas e biológicas entre os ambientes aquáticos e terrestres (ROCHA, 2011).

## CONECTIVIDADE

Para delinear a complexa interação nos sistemas fluviais, é necessário compreender como os processos de uma paisagem estão conectados. Rocha (2011) aponta a conectividade como um importante instrumento teórico-metodológico para auxiliar no desenvolvimento de pesquisas transversais, sendo esse conceito mais adequado para a compreensão dos fluxos de matéria e energia dentro e entre os sistemas geohidroecológicos.

Como termo e como conceito, a conectividade tem sido utilizada em diversos estudos da terra e nas ciências ambientais, para abordagem de variabilidade espacial e temporal no escoamento e transporte de sedimentos (ZORN *et al.*, 2020). Nesse contexto, estão as bacias hidrográficas, pois são sistemas ambientais abertos e, por isso, apresentam interações nos aspectos geomorfológicos, hidrológicos e ecológicos, e essas interações estão relacionadas à sua estrutura e funcionalidades (LEANDRO, 2020).

Em seus estudos com ênfase na hidrologia e geomorfologia, Bracken e Croke (2007) e Zorn *et al.* (2020) apontam três principais tipos de conectividade: a) a conectividade paisagística – refere-se à ligação de um ambiente físico a outro (da encosta ao canal fluvial) no contexto da bacia hidrográfica; b) a conectividade hidrológica – refere-se ao transporte de matéria, energia ou organismos através do fluxo de água; e c) a conectividade sedimentológica – diz respeito à transferência de sedimentos por meio da bacia de drenagem. Nessa classificação, acrescenta-se a conectividade ecológica – abarcando a cobertura vegetal, com ênfase para as zonas ripárias (LEANDRO, 2020).

Assim, Wohl (2019) define conectividade como “eficiência da transferência de materiais entre os componentes do sistema”, ou seja, relaciona-se à capacidade da matéria (água, solutos, sedimentos, matéria orgânica) e de organismos poderem se mover entre unidades espacialmente definidas em um sistema natural (ZORN *et al.*, 2020). Bracken (2015), por sua vez, a define como transferência integrada de sedimentos, em diferentes fontes, dissipadores atuantes em um sistema, num contínuo processo de desagregação, transporte e deposição controlado pela forma como os sedimentos transitam entre as zonas geomórficas, em encostas, entre encostas e canais, e dentro

dos canais. Covino (2017) aponta cinco camadas de conectividade hidrológica: encosta, zona hiporreica, córrego-águas subterrâneas, planícies ribeirinhas/inundações, e longitudinal dentro dos canais.

Contudo, a conectividade tem limitações no tempo e no espaço, sendo importante conhecer o outro extremo: a desconectividade. Paisagens que apresentam “componentes ou processos desconectados são aqueles que são muito distantes uns dos outros no espaço ou no tempo”, de modo que mudanças ou alterações de algum componente ou processo em uma paisagem, necessariamente, não possui a capacidade de influenciar mudanças em outra paisagem (ZORN *et al.*, 2020, p. 39).

No contexto da bacia de drenagem está a planície de inundação – um ambiente resultante dos processos geomorfológicos, hidrológicos e ecológicos. Por isso, nesse compartimento, há interações hidrodinâmicas e biológicas, entre os ambientes aquáticos e terrestres, sendo compatíveis com o conceito e aplicabilidade da conectividade (ROCHA, 2011). A interação entre as condições hidrológicas e geomorfológicas determinam padrões e processos fluviais, sobre as diferentes escalas; em pequena escala espacial, o comportamento sazonal das águas na planície de inundação produzem áreas de solos aeróbicos e anaeróbicos; em grande escala estão as feições topográficas, como as planícies de inundação, terraços fluviais que refletem ajustes do rio buscando equilíbrio (ROCHA, 2011).

Nesse sentido, Christofolletti (1981) elucida que o sistema rio-planície de inundação são ambientes em intensos processos morfológicos deposicionais e processos hidrodinâmicos e que, através da sazonalidade entre períodos de cheia e seca, dão características próprias de ambientes aluviais.

## SISTEMAS ALUVIAIS E CONECTIVIDADE

As planícies de inundação constituem-se de materiais aluviais, semiconsolidados, inconsolidados ou consolidados. Com isso, os canais fluviais que correm sobre suas aluviões, isto é,

por sedimentos desagregados e transportados e depositados ao longo do canal, modelam o sistema e seus ambientes fluviais. Assim, os sistemas fluviais estão intrinsecamente ligados aos pulsos de inundações, que dinamizam seus ambientes, condicionando fatores bióticos e abióticos a viverem e se adaptarem a partir do regime hidrológico (ROCHA, 2011; JUNK *et al.*, 1989).

Rocha (2011) e Oliveira *et al.* (2018) servem-se da geomorfologia fluvial para demonstrar a conectividade na bacia de drenagem, sobretudo entre o canal fluvial e sua planície de inundação. A partir de uma visão holística, discutem as relações interdependentes entre os ambientes aquáticos e terrestres, o que demonstra distintos graus de continuidade dos rios (VANNOTE *et al.*, 1985) através do pulso de inundação (JUNK *et al.*, 1989). Neef (1967, p. 228) esclarece que, no estudo da análise da paisagem, deve-se levar em consideração processos químicos e físicos, mesmo que alguns ocorram de maneira mais rápida e outros mais lenta, com intensidades diferentes. Dessa forma, “essa combinação de forças e processos resultam não somente da variedade de materiais, mas também na variedade de interação de forças que operam o sistema”, numa relação de interdependência recíproca, a qual, através do entrelaçamento dos componentes e processos complexos de forças, é chamada de interação. Oliveira *et al.* (2018) explica que, na análise geográfica, pouco se discute sobre a dimensão vertical de conectividade entre o canal fluvial e o substrato pedológico da planície de inundação. Sobre isso, os autores dizem que

Corresponde à interação entre a água do rio e o lençol subterrâneo. O comportamento da planície de inundação é variável nos períodos de enchente e vazante, assim a função do rio é dinâmica de acordo com a posição na paisagem e período do ano (sazonal). Ora funciona como influente fornecendo água para o aquífero, ora funciona como efluente em que o rio recebe água adicional do lençol, toda essa dinâmica é intermediada pela planície de inundação. (OLIVEIRA *et al.*, 2018, p. 156).

Ward e Stanfort (1995) apontaram a interatividade entre o canal fluvial, o lençol freático e a dinâmica temporal efêmera da planície de inundação relacionando-os com a capacidade do solo de infiltração e retenção de água, formando um sistema hidráulico interativo, o qual denominaram “corredores hiporreicos”. Por sua vez, a vegetação do ambiente aluvial está situada em áreas sujeitas a pulsos de inundação periódicos, por isso, é considerado um

[...] ecossistema frágil, de alta complexidade ecológica, importantes para o processo de estabilidade ambiental e manutenção da biodiversidade, que, por estarem em relevos planos ou abaciados, se encontram frequentemente, com elevados níveis de saturação hídrica, o que determina uma alta capacidade de fixação de carbono, capacidade de retenção de água e de íons no solo, aumentando a capacidade de filtragem das águas e de regularização da vazão dos rios (CARVALHO; GALVÃO, 2017, p. 2).

A retirada da vegetação expõe o solo e os sedimentos a processos erosivos que, conseqüentemente, poderão assorear o canal; reduz a capacidade de retenção de água pelo solo, comprometendo o abastecimento das águas subterrâneas (CARVALHO; GALVÃO, 2017). Portanto, de acordo com a complexidade e interação numa relação de interdependência geohidroecológica apresentada nos sistemas fluviais, são caracterizados como ambientes frágeis, necessitando de proteção legislativa a partir de suas características.

#### ZONA RIPÁRIA E CONECTIVIDADE

As coberturas vegetais que margeiam as nascentes, os canais fluviais e as lagoas recebem diversas terminologias (KOBİYAMA, 2003), sendo as principais: faixa de vegetação de filtragem (DILLAHA *et al.*, 1989); floresta ripícola ou matas ciliares (SALVADOR, 1987; RODRIGUES, 2000; SELLES *et al.*, 2001; DIAS, 2001); floresta aluvial ou mata aluvial (MANTOVANI, 1989; BRAZÃO; SANTOS, 1997); floresta de galeria (SCHIAVINI, 1997; BARBOSA, 1997); e floresta ripária ou zona ripária (GREGORY *et al.*, 1991; WEBB; ERSKINE, 2003; MANTOVANI, 1989; JSECE, 2000).

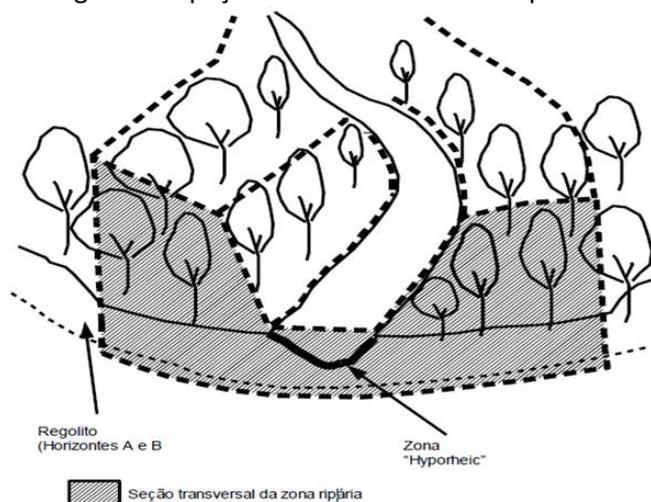
Segundo Kobiyama (2003), a diversidade de terminologias para designar áreas próximas a corpos d'água está relacionada à complexidade de fenômenos e processos interdependentes que ocorrem nesse ambiente, denominando-se zona ripária (ZR) quando se trata de espaço físico tridimensional, e ecossistema ripário quando aborda o sistema, processos, mecanismos e as interações geobiohidrológicos. No presente estudo, usar-se-ão os termos como sinônimos.

Gregory *et al.* (1991) definem ZR como interfaces entre os ecossistemas aquático e terrestre, estendendo-se horizontalmente até o limite da inundação e verticalmente até a copa da vegetação, caracterizada como corredor para movimento de animais dentro do sistema de drenagem. Webb e

Erskine (2003), por sua vez, conceituam-na como conjunto de canal fluvial, barrancos e a planície de inundação.

A Japan Society of Erosion Control Engineering (JSECE, 2000) introduz uma perspectiva mais geomorfológica ao conceito de ZR, definindo-as zonas próximas a corpos de água que influenciam a transferência de energia, nutrientes, sedimentos entre os ecossistemas terrestres e aquáticos, fazendo parte a planície, vertente, vegetação, estrutura subterrânea. Assim, a ZR é “um espaço tridimensional que inclui vegetação (árvore, grama, entre outros), solo e rio (corpo da água)” (KOBİYAMA, 2003, p. 5), conforme figura abaixo.

Figura 6. Espaço físico do ecossistema ripário.



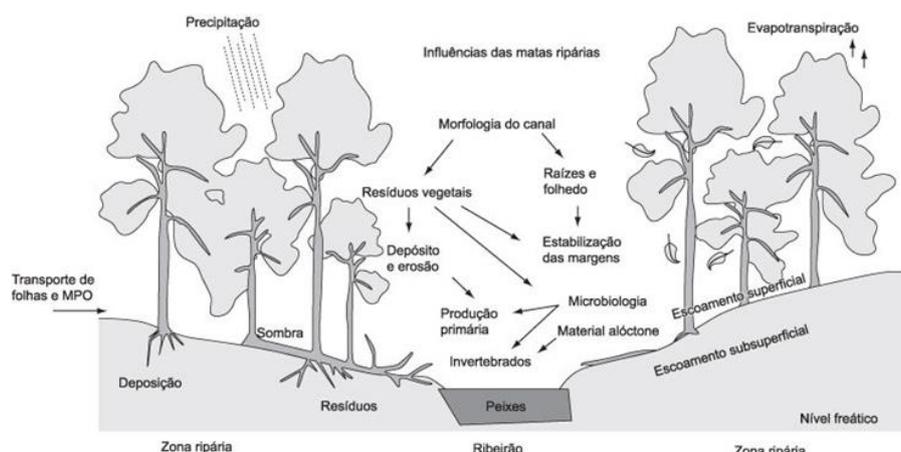
Fonte: Kobiyama (2003, p. 6)

Assim, a ZR é um ambiente onde ocorrem processos geohidrogeomorfológicos, em que há interações entre os ecótonos presentes na paisagem fluvial. Apresenta-se abaixo (Figura 9) esquema exemplificativo dos processos e interações que ocorrem na ZR.

Os processos geobiohidrológicos são naturais, ou seja, independem da ação humana para que ocorram. Contudo, o uso e a ocupação de áreas sensíveis podem interferir e/ou acelerar esses processos naturais, podendo causar desequilíbrio na bacia hidrográfica, impactando na qualidade e quantidade dos recursos hídricos. Nesse aspecto, a vegetação ripária é um dos elementos ambientais mais importantes, pois desempenha várias funções hidrológicas, tais como: estabilização

de ribanceira do rio através da proteção radicular, diminuindo a erosão; função de tampão e filtro entre ecossistemas de vertentes e o aquático, promovendo o controle de ciclo de nutrientes na bacia hidrográfica; integração com a superfície da água, fornecendo alimento para a fauna aquática; interceptação da radiação solar, contribuindo para a estabilidade térmica (ARCOVA; DE CICCIO, 1999).

Figura 9. Principais funções e processos dependentes das florestas ripárias.



Fontes: Modificado de Likens (1992) e Lima e Zakia (2001)

Sopper (1975) menciona a proteção contra a erosão dos solos, sedimentação, lixiviação excessiva de nutrientes e a elevação da temperatura da água. Portanto, a ZR, no contexto da bacia hidrográfica em ambientes aluviais, caracterizados com domínio de processo deposicional, é ainda mais sensível aos processos geomorfológicos, biológicos, hidrológicos e antrópicos, sendo necessário pensar formas protetivas que levem em consideração toda a sua complexidade.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da complexa dinâmica hidrogeomorfológica existente nos ambientes aluviais, onde estão localizados os sistemas rio-planície de inundação, caracterizados como ambientes deposicionais, e a dinâmica hidrológica dos sistemas fluviais, considera-se sua sensibilidade às ações antrópicas, sobretudo com os múltiplos usos e ocupação da terra. Assim, o Código Florestal, ao delimitar as APPs com base na largura dos canais fluviais, não garante as funções de proteção da qualidade e quantidade de suas águas.

Desse modo, há a necessidade de levantamentos de dados acerca da dinâmica do sistema rio-planície de inundação, sobretudo presentes no baixo curso de bacias hidrográficas, a fim de subsidiar as discussões e reflexões para a criação ou adequação de legislação que contemple a complexidade da paisagem do sistema fluvial, tendo como marcos teórico-conceituais e metodológicos a conectividade e a zona ripária.

### AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso – FAPEMAT/UNEMAT, pelo financiamento do Projeto de Pesquisa “Mudanças Ambientais e seus Impactos no Sistema Rio-Planície de Inundação do Rio Sepotuba, Alto Paraguai, Mato Grosso – Brasil”, Processo FAPEMAT.0000779/2022, e concessão das bolsas de Iniciação Científica. Também, ao Laboratório de Pesquisa e Estudos em Geomorfologia Fluvial – LAPEGEOF, da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, pelo apoio logístico e institucional.

### REFERÊNCIAS

ARCOVA, F. C. S.; DE CICCIO, V. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, estado de São Paulo Water quality in small watersheds with different land uses in Cunha region, State of São Paulo. **Scientia Florestals**, Piracicaba, v. 56, p. 125-134, 1999.

BARBOSA, L. M. Ecological significance of gallery forests, including biodiversity. *In: International Symposium on Assessment and Monitoring of Forests in Tropical Dry Regions with Special referencew to Gallery Forests*, 1996, Brasília. **Proceedings...** Brasília: UNB, 1997. p. 157-181.

BRACKEN, L. J.; CROKE, J. The concept of hydrological connectivity and its contribution to understanding runoff-dominated geomorphic systems. **Hydrol. Process**. v. 21, n. 13, p. 1749-1763, 2007.

BRACKEN, L. J.; TURNBULL, L.; WAINWRIGHT, J.; BOGAART, P. Sediment connectivity: a framework for understanding sediment transfer at multiple scales. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 40, n. 2, p. 177-188, 2015.

BRASIL. **Lei n.º 12.651 de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de

dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, 2012.

BRASIL. **Lei n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, 1997.

BRAZÃO, J. E. M.; SANTOS, M. M. Vegetação. *In: IBGE Recursos Naturais e Meio Ambiente: uma visão do Brasil*. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1997. p. 111-124.

CARVALHO, A. T. F. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, n. 42, v. 1, p. 140-161, jan-jun, 2020.

CARVALHO, J.; GALVÃO, F. Ambiente aluvial e gestão dos corpos hídricos. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**. ISSN 2358-5420, 6ª edição, abril de 2017.

CHARLTON, R. **Fundamentos da geomorfologia fluvial**. New York: Routledge, 2007.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

COVINO, T. Hydrologic connectivity as a framework for understanding biogeochemical flux through watersheds and along fluvial networks. **Geomorphology**, v. 277, p. 133-144, 2017.

CUNHA, S. B. Bacias hidrográficas. *In: CUNHA, S. B. GUERRA, A. J. T. (Orgs.). Geomorfologia do Brasil*. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 229-271.

CUNHA, S. B. da.; GUERRA, A. J. T. Degradação ambiental. *In: CUNHA, S. B. da.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). Geomorfologia e meio ambiente*. 14. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2019.

DIAS, P. L. F. **Estudo e proposição de parâmetros para a definição de áreas de preservação permanente ciliares em reservatórios**. 2001. 138 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

DILLAHA, T. A.; RENEAU, R. B.; MOSTAGHIMI, S.; LEE, S. Vegetative filter strips for agricultural nonpoint source pollution control. **Transactions of ASAE**, St. Joseph, v. 32, p. 491-496, 1989.

FISK, H. N. **Geological Investigation of the Alluvial Valley of the Lower Mississippi River**. Vicksburg: US Army Corps of Engineers, Mississippi River Comm, 1944.

GREGORY, S. V.; SWANSON, F. J.; MCKEE, W. A.; CUMMINS, K. W. An ecosystem perspective of riparian zones. Focus on links between land and water. **BioScience**, v. 41, p. 540-551, 1991.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. dos S. **Geomorfologia ambiental**. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2018.

HORTON, Robert E. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945.

I CAPDEVILA, M. de B. Problemática actual de los estudios de paisaje integrado. **Revista de Geografía**, p. 45-68, 1981.

JUNK, W. J.; BAYLEY, P.; SPARKS, R. E. The flood pulse concept in river-floodplain systems. **Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences**. v. 106, n. 1, p. 110-127, 1989.

JUSTINIANO, L. A. de A. **Dinâmica fluvial do rio Paraguai entre a foz do Sepotuba e a foz do Cabaçal**. 2010. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade do Estado de Mato Grosso, Cáceres, 2010.

KNIGHTON, AD. **Fluvial Forms and Processes: A New Perspective**. Nova York: John Wiley & Sons, 1998.

KOBIYAMA, M. Conceitos de zona ripária e seus aspectos Geobiohidrológicos. *In*: Seminário de Hidrologia Florestal: Zonas Ripárias, 1., 2003, Alfredo Wagner, SC. **Anais...** Florianópolis: UFSC/CTC/ENS, 2003

LEANDRO, G. R. dos S. **Interações hidromorfodinâmicas na bacia hidrográfica do rio Sepotuba–Alto Paraguai, Mato Grosso–Brasil**. 2020. 287 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Presidente Prudente, 2020.

LIMA, W. P.; ZAKIA M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. *In*: RODRIGUES; R. R.; LEITÃO FILHO; H. F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2. ed. São Paulo: Editora da USP, 2000. p. 33-43.

MANTOVANI, W. Conceituação e fatores condicionantes. *In*: Simpósio sobre Mata Ciliar, 1., 1989, São Paulo. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1989. p. 11-19.

MATTOS, S. H. V. L. de; PEREZ FILHO, A. Complexidade e estabilidade em sistemas geomorfológicos: uma introdução ao tema. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 5, n. 1. p. 11-18. 2004.

MORAES, A. C. R. **Ideologias geográficas, espaço, cultura e política no Brasil**. São Paulo: Annablume, 2005.

NEEF, E. The theoretical foundations of landscape study (Die theoretischen Grundlagen der Landschaftslehre). *In*: WIENS, J. A., MOSS, M. R., TURNER, M. G.; MLADENOFF, D. J. (eds). **Foundation papers in landscape ecology**. New York: Columbia University Press, 1967. p. 225-245.

OLIVEIRA, R. D. de; ROCHA, P. C.; SENNA, C. do S. F. Conectividade hidrodinâmica do rio Xingu e a planície de inundação no contexto da usina hidrelétrica de Belo Monte, Altamira – Pará. *In*: AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P.; BENINI, S. M. (orgs). **Bacias hidrográficas: fundamentos e aplicações**. 1 ed. Tupã: ANAP, 2018. p. 155-178.

RICCOMINI, C.; ALMEIDA, R. P. de; GIANNINI, P.; C. F.; MANCINI, F. Processos fluviais e lacustres e seus registros. *In*: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (Orgs.). **Decifrando a Terra**. 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. p. 306-333.

ROCHA, P. C. Sistemas rio-planície de inundação: geomorfologia e conectividade hidrodinâmica. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, n. 33, p. 50-67, 2011.

RODRIGUES, R. R. Uma discussão nomenclatural das formações ciliares. *In*: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. L. (Orgs.) **Matas ciliares: conversação e recuperação**. São Paulo: Editora da USP, 2000. p. 91-99.

SALVADOR, J. L. G. Considerações sobre as matas ciliares e a implantação de reflorestamentos mistos nas margens de rios e reservatórios. **CESP Série Divulgação e Informação**, São Paulo, n. 105, p. 1-29, 1987.

SANTANA, D. P. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 62 p.

SCHUMM, S. A. **The fluvial system**. New York: John Willey & Sons, 1977.

SELLES, I. M.; RIKER, F.; RIOS, J. P.; BINDER, W. **Revitalização de rios – orientação técnica**. Rio de Janeiro: SEMADS, 2001. 78 p.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. *In*: TUCCI, C. E. M. (org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1993. p. 35-51.

SOPPER, W. E. Efeitos da colheita de madeira e práticas de manejo relacionadas à qualidade da água em bacias hidrográficas florestadas. **Journal of Environmental Quality**, v. 4, n. 1, p. 24-29, 1975.

STANFORD, J. A.; WARD, J. V. The hyporheic habitat of river ecosystem. **Nature**, v. 335, p. 64-66, 1988.

STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Eos, Transactions American Geophysical Union**, v. 38, n. 6, p. 913-920, 1957.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRAS, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 11, n. 1, p. 137-156, 2007.

JSECE – THE JAPAN SOCIETY OF EROSION CONTROL ENGINEERING. **Management of Riparian Zone**. Tokyo: Kokon-Shoin, 2000. 329 p.

TORRES, F. T. P.; NETO, R. M.; DE OLIVEIRA MENEZES, S. **Introdução à geomorfologia**. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2001.

VANNOTE, R. L. *et al.* The river continuum concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 37, n. 1, p. 130-137, 1980.

WARD, J. V.; STANFORD, J. A. Ecological connectivity in alluvial river ecosystems and its disruption by flow regulation. **Regulated Rivers: Research & Management**, v. II, p. 105-119, 1995.

WEBB, A. A.; ERSKINE, W. D. A practical scientific approach to riparian vegetation rehabilitation in Australia. **Journal of Environmental Management**, Amsterdam, v. 68, p. 329-341, 2003.

WOHL, E; BRIERLEY, G.; CADOL, D.; COULTHARD, T. J.; COVINO, T.; FRYIRS, K. A.; SKLAR, L. S. Connectivity as an emergent property of geomorphic systems. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 44, n. 1, p. 4-26, 2019.

ZORN, M.; HRVATIN, M.; PERKO, D. Hydrological connectivity: an introduction to the concept/Hidrološka povezljivost – temeljni konceptualni okvir. **Geografski vestnik**, v. 92, n. 1, p. 37-51, 2020.