

# **IMPEDIMENTOS DE TRANSMISSÃO NO SISTEMA FLUVIAL E A CONECTIVIDADE DA PAISAGEM**

**TRANSMISSION BARRIERS IN FLUVIAL SYSTEMS AND THE  
LANDSCAPE CONNECTIVITY**

**IMPEDIMENTOS DE TRANSMISIÓN EN LOS SISTEMAS  
FLUVIAL Y LA CONECTIVIDAD DEL PAISAJE**

## RESUMO

A análise detalhada das relações de transmissão de fluxos biofísicos; água, nutrientes e sedimento; entre seus compartimentos é um ponto fundamental para a compreensão do comportamento e evolução dos sistemas fluviais. Deste modo, os estudos sobre transmissão se consolidaram, na geomorfologia uma das abordagens é a da perspectiva da Sensitividade da Paisagem. Posteriormente diversos estudos analisaram o tema, e propuseram diversas visões e metodologias para compreendê-lo. Uma das propostas é a Conectividade da Paisagem que representa a capacidade do sistema transmitir fluxos biofísicos. Compreendendo a transmissão no sistema fluvial em três dimensões; longitudinal, lateral e vertical. Ao mesmo tempo, é possível identificar os elementos que modificam essas relações, e avaliar a área de captação efetiva, representando a real área que contribui com a rede de drenagem, ou seja, as áreas onde a transmissão de fluxos biofísicos dar-se de maneira livre, sendo mutável temporalmente, relacionada com a magnitude/frequência dos eventos. Assim, é possível analisar a transmissão não só a partir de uma metodologia estrutural, mas também, avaliando a magnitude/frequência processual. Sendo necessário, contudo, adaptações, adições, para adequar a metodologia a cada área específica, não apenas devido às especificidades ambientais locais, mas também relacionado aos dados disponíveis e os objetivos de cada pesquisa.

**Palavras-chave:** conectividade da paisagem; transmissão de sedimento; sensibilidade da paisagem; área de captação efetiva; geomorfologia processual.

## ABSTRACT

The transmission relationship analysis is fundamental to understanding the fluvial system's behaviour and development, being researched by geomorphology, ecology, and hydrology. The transmission research was consolidated, to geomorphology, within the Landscape Sensitivity and its structural analysis. Following several studies presents diverse approaches to the transmission relationship understanding. One of them was the Landscape Connectivity that is the capacity to transmit biophysics fluxes; water, nutrients and sediment; through the system. The connectivity also controls the disturbance impulse transmission and the recovery/adaptation velocity. The transmission relation has three dimensions; longitudinal, lateral and vertical. It is possible to identify elements that modify each relationship, decreasing the effective catchment area, which is the area that directly contributes to the drainage network, in other words when the transmission is free from impediments. The effective catchment area is mutable being related by the interaction between magnitude/frequency of disturbance events. As a result, it is possible to analyse the structural and dynamic transmission relationship. Lastly, methodological adjustments to each area must respect the local characteristics and available data.

**Keywords:** landscape connectivity; sediment conveyance; landscape sensitivity; effective catchment area; process geomorphology

## RESUMEN

El análisis detallado de las relaciones de transmisión de los flujos biofísicos; agua, nutrientes y sedimentos; entre sus elementos es fundamental para entender el comportamiento y la evolución de los sistemas fluviales. Así, los estudios de transmisión se consolidaron en la geomorfología de la perspectiva de Paisaje de sensibilidad. Posteriormente varios estudios han examinado la cuestión y propuso diversas visiones y metodologías para entenderlo. Una de las propuestas es la conectividad del paisaje que es la capacidad del sistema para transmitir flujos biofísicos. La comprensión de la transmisión en el sistema del río en tres dimensiones; longitudinal, lateral y vertical. Al mismo tiempo, es posible identificar los factores que modifican estas relaciones y evaluar el área de captación efectiva representa el área real que contribuye al sistema de drenaje, es decir, las áreas en las que la transmisión de los flujos biofísicos de una manera libres, siendo variable temporal relacionada con la magnitud / frecuencia de eventos. Por lo tanto, es posible analizar no sólo la transmisión de un enfoque estructural, sino también mediante la evaluación de la magnitud procedimiento / frecuencia. Si es necesario, sin embargo adaptaciones, ampliaciones, para ajustar la metodología para cada área específica, no sólo debido a las características ambientales de la zona, sino también relacionados con los datos disponibles y los objetivos de cada estudio.

**Palabras clave:** la conectividad del paisaje; transmisión de sedimentos; sensibilidad del paisaje; área de captación efectiva; geomorfología procesal

## Introdução

A partir da ideia corrente de bacia hidrográfica como recorte espacial para a gestão de recursos hídricos é fundamental encontrar uma episteme sistêmica que suporte a análise integrada dos diferentes elementos em estudo sobre o ambiente fluvial. Tanto na análise dos processos, quanto em relação à estrutura do sistema; levando em consideração os elementos externos à rede de drenagem, quanto os elementos presentes na mesma, em especial a questão sedimentológica, muitas vezes esquecida na análise e gestão dos recursos hídricos. Christofolletti (1999) coloca que o fluxo e o material sedimentar são os dois componentes fundamentais à estruturação do canal fluvial, deste modo não se pode pensar na compreensão da rede de drenagem sem analisar as questões sedimentológicas, em especial aquelas relacionadas à transmissão de sedimentos.

Inserido nesta perspectiva está o conceito de sistema fluvial, que é entendido como a zona fonte de sedimentos, a rede de transporte e os sítios de deposição. Esses elementos não são espacialmente excludentes, interagindo entre si, além de apresentar escalas diferenciadas. Para compreender as inter-relações, ou alguns dos elementos em separado; é necessário compreender o comportamento dos rios, o aporte de água na zona fonte de sedimento, a quantidade e tipo de sedimento disponível, os controles climáticos e geológicos e o que eles afetam, o uso do solo e a cobertura vegetal e sua relação com as zonas do sistema fluvial. (SCHUMM, 1977; CHARLTON, 2008).

Ao analisar a rede de transporte deve-se dar ênfase ao estudo das características dos rios, seu comportamento, e à relação estabilidade/instabilidade e às respostas relacionadas (SCHUMM, 1977). Contudo é necessário ter em mente que o transporte é realizado em todo o sistema, a ênfase na rede de drenagem dá-se pelo maior volume de transporte que aí se realiza.

Ao mesmo tempo ao se pensar a gestão de recursos hídricos é comum que se considere que a transmissão de energia e matéria se dê de maneira livre ao longo do sistema fluvial, ignorando a análise da estrutura e o funcionamento entre os compartimentos dele. Um exemplo disso é a relação direta feita entre escoamento e vazão (ANDREOLLI, COLLISCHONN, *et al.*, 2006), realizada de maneira indireta, em diversas obras de engenharia, onde o escoamento a montante da bacia é relacionado com a vazão a jusante (CALASANS, LEVY e MOREAU, 2008), podendo levar a um superdimensionamento do possível volume de água em reservatórios, o que pode gerar problemas para o gerenciamento, em especial em áreas com forte déficit hídrico.

Deste modo é de vital importância a análise verticalizada das relações de transmissão de energia e matéria dentro do sistema, em especial nos ambientes fluviais. Assim, o presente artigo visa aprofundar a discussão sobre a transmissão dentro do sistema fluvial, para tanto serão apresentadas as ideias de análise de transmissão a partir da resistência de transmissão, da sensibilidade da paisagem (BRUNSDEN, 2001; HARVEY, 2002; BRUNSDEN e THORNES, 1979; BRUNSDEN, 1993) e da proposta teórico-metodológica da conectividade da paisagem (BRIERLEY, FRYIRS e JAIN, 2006).

## Relação de ligação entre compartimentos/elementos do sistema fluvial

O conceito de ligação foi consolidado na geomorfologia por BrunSDen e Thornes (1979) no contexto da sensibilidade da paisagem, e é definido como a capacidade de transmissão entre os componentes do sistema (BRUNSDEN e THORNES, 1979; BRUNSDEN, 1993; BRUNSDEN, 2001; HARVEY, 2002). Dentro da sensibilidade da paisagem o conceito de ligação é trabalhado como parte da resistência estrutural (BRUNSDEN, 2001), sendo o desenho atual de um sistema, seus componentes, topologia, ligações, limiares e controles.

A resistência estrutural se divide em dois fatores inter-relacionados, ambos necessários para o estudo da transmissão no sistema; a sensibilidade de localização, relativa à localização

absoluta e relativa dos elementos componentes do sistema, e a resistência de ligação sendo a característica responsável pela propagação dos efeitos de mudança pelo sistema, lembrando que essa propagação não é apenas na direção do fluxo, podendo haver retroalimentação a montante (BRUNSDEN, 2001; BRUNSDEN, 1993). No caso é importante identificar a localização de cada elemento que influencie a transmissão para que seja realizada uma análise em escala mais detalhada.

A resistência de ligação apresentaria três estágios; ligado (*coupled*) onde há livre transmissão de energia e matéria entre os elementos do sistema; desligado (*decoupled*), onde a transmissão de energia e matéria foi temporariamente interrompida por algum tipo de barramento que pode ocasionalmente ser superado; e não ligado (*not coupled*), onde não há ligação entre as partes do sistema, normalmente pela descontinuidade entre dois domínios de processos (BRUNSDEN, 2001; HARVEY, 2001; BRUNSDEN, 1993). Os estágios são temporalmente mutáveis, em especial em áreas de alta variabilidade ambiental, como áreas de vegetação caducifolia ou sub caducifolia. Tais características influenciam na velocidade de resposta a impactos e no tempo de recuperação (SWIECHOWICZ, 2002).

A relação de ligação pode ser trabalhada em várias escalas (HARVEY, 2012), entre as zonas do sistema fluvial (SCHUMM, 1977) ou através de todos os elementos da bacia. O aspecto de ligação é variável com o tempo, podendo sofrer mudanças a partir das modificações da paisagem obedecendo às características básicas de mudanças do sistema, tais como tempo de recuperação (HARVEY, 2002). Normalmente dois tipos de escalas de ligação são trabalhados; escala local e larga escala.

A escala local envolve a ligação dentro de uma zona ou entre duas zonas adjacentes do sistema fluvial. Está relacionada com o transporte em direção à montante e pela propagação dos efeitos relacionados com as mudanças do nível de base, tanto à montante quanto à jusante (HARVEY, 2002). A relação de ligação local pode ser dividida em: relação de ligação interna das encostas, relação entre a encosta e o canal; relação entre tributários e o rio principal; e relação de ligação dentro do canal.

A relação de ligação em grande escala é compreendida pelas interações entre a montante e a jusante do sistema fluvial, podendo ser zonal, quando se trata da relação geral entre duas zonas do sistema fluvial (SCHUMM, 1977), ou regional, quando se trata de elementos que afetam todo o sistema. Vários elementos podem alterar essas relações de ligação; como, por exemplo, os leques aluviais em climas semiáridos e áridos retendo sedimentos das áreas mais elevadas que alteram a relação zonal entre as áreas fontes e a jusante do sistema (HARVEY, 2001; HARVEY, 2012); ou então uma mudança tectônica do nível de base da bacia alterando os processos dentro do sistema e assim modificando as relações de transmissão em diversas áreas do mesmo, podendo gerar modificações como capturas de drenagem (HARVEY, 2002) ou preenchimento de canais.

Por fim a relação de ligação do sistema está imbricada com os fatores controladores do seu desenvolvimento (HARVEY, 2001) e com a sensibilidade dos sistemas geomorfológicos, sendo, deste modo, mutável temporalmente (SWIECHOWICZ, 2002). Harvey (1997) afirma também que se deve estudar a escala temporal, quanto à sua (des)sincronia e como as diversas escalas de tempo interagem, para que seja possível avaliar a evolução da disponibilidade de sedimento no sistema.

O estudo sobre a interação entre as escalas deve, também, ser realizado para as ligações entre as diversas escalas espaciais. Na escala local os aspectos e mudanças ambientais controlam a relação de transmissão, na escala zonal o controle é exercido por mudanças climáticas que alterem o nível de base, e na escala regional o controle é exercido pela histórica tectônica e geomorfológica do sistema (HARVEY, 2002).

## Relação entre a conectividade da paisagem e a área de captação efetiva

Posterior à ideia de relação de ligação, trazida inicialmente por Brunnsden e Thornes (1979) e detalhada, dentre outros, por Harvey (2002), desenvolveu-se inúmeras pesquisas sobre os processos de transmissão do sistema, buscando compreender, e não apenas mensurar, a transmissão. Pois é a partir da relação entre as partes, como também dos processos de retroalimentação, que se pode compreender a operação do sistema, e essa relação em um sistema fluvial dá-se, em especial, a partir da transmissão de energia e matéria entre os componentes do sistema. Assim, é essencial compreender essa relação e seu comportamento no espaço e no tempo.

Uma das metodologias voltadas para o estudo do comportamento fluvial é a dos “estilos fluviais”, na qual cada bacia hidrográfica constitui um conjunto próprio de atributos, analisados a partir de três elementos; a planta do canal, as unidades geomórficas da bacia, e a textura do leito (BRIERLEY e FRYIRS, 2005; BRIERLEY e FRYIRS, 2000; BRIERLEY, FRYIRS, et al., 2002; FRYIRS e BRIERLEY, 2005). A identificação e interpretação das unidades geomórficas possibilita a compreensão dos processos que refletem a dimensão do comportamento dos estilos fluviais. Desta forma os trechos fluviais e seus padrões devem ser avaliados em relação ao contexto paisagístico e às ligações espaciais e temporais dos seus processos geomorfológicos (CORRÊA, SILVA, et al., 2009; SOUZA, CORREA e BRIERLEY, 2016).

Diferentes propostas de análise fluvial, como a de Estilos Fluviais, dão ênfase na análise da interação entre os diferentes compartimentos nos sistemas fluviais. No caso dos Estilos Fluviais o foco é nas às interações entre os elementos biofísicos, principalmente geomorfológicos, e apresenta uma metodologia para aplicação no gerenciamento e recuperação fluvial (FRYIRS e BRIERLEY, 2009). Para tanto, fornece um modelo teórico-metodológico visando à compreensão dos elementos fluviais, comportamento, evolução e condição ambiental; tendo como base o sistema fluvial (BRIERLEY, FRYIRS, et al., 2002).

Respostas geomórficas não-lineares, retardadas e fora de sintonia com o contexto ambiental podem ocorrer dentro de cada bacia, o que não necessariamente se fará presente em outro recorte (WAINWRIGHT, TURNBULL, et al., 2011), ensejando a ocorrência de comportamento não lineares, ou seja, de não-equilíbrio (PHILLIPS, 1992), refletindo assim a capacidade do sistema transmitir impulsos de mudança. Sendo possível compreender tal dinâmica através de cenários “temporários de estabilidade” (BRACKEN e WAINWRIGHT, 2008; PHILLIPS, 2011; PHILLIPS, 1992).

Ao analisar as relações de transmissão de fluxos biofísicos (BRIERLEY e FRYIRS, 2000) a perspectiva metodológica dos estilos fluviais observa as inter-relações em três dimensões espaciais; longitudinal, lateral e vertical. As ligações laterais incluem as interações entre as encostas e o canal e entre o canal e a planície aluvial, e estas respondem pelo suprimento de materiais à rede de canais. As ligações longitudinais, entre montante e jusante, e entre os canais tributários e o coletor principal, regem a transferência de fluxo pelo sistema e a capacidade dos canais em transferir ou acumular sedimentos de diversos calibres sobre o assoalho do vale. As ligações verticais referem-se às interações superfície/subsuperfície entre a água e os sedimentos e ao retrabalhamento desses (BRIERLEY, FRYIRS e JAIN, 2006; FRYIRS, BRIERLEY, et al., 2007a; BLANTON e MARCUS, 2009).

Utilizando esse ponto de vista sobre as relações de transmissão no sistema foi formulada/compilada a proposta teórico/metodológica da conectividade da paisagem, a qual organizou e consolidou os conceitos relacionados aos estudos de transmissão de energia entre elementos do sistema; buscando a construção de um modelo teórico e prático aplicável. Analisando as limitações das modelagens matemáticas generalistas, principalmente na análise de pequenas áreas, e a necessidade dos dados provenientes do trabalho do campo, pode-se aumentar a complexidade dos estudos e superar a ideia de síntese, através da “caixa preta” utilizada, por exemplo, no modelo jusante-montante (SCHUMM, 1977). Para tanto, faz-se necessário analisar a conectividade entre os elementos da paisagem, e assim explicar as relações espaciais, o comportamento dos fluxos biofísicos e os ajustes do sistema (BRIERLEY, FRYIRS e JAIN, 2006; WOHL, 2017).

A conectividade da paisagem seria a possibilidade de interação e circulação de energia e matéria entre seus compartimentos. Desse modo podem-se observar entre os elementos da paisagem elementos de conectividade e/ou elementos de desconectividade (BRIERLEY, FRYIRS e JAIN, 2006; FRYIRS, BRIERLEY, et al., 2007a). A conectividade controla a evolução dos ambientes fluviais (canais e planícies de inundação), as dinâmicas de formação e destruição de paisagens e as potencialidades de recuperação (BLANTON e MARCUS, 2009; HOOKE, 2003; JAIN e TANDON, 2010; SOUZA, CORREA e BRIERLEY, 2016).

A partir dessa ideia a análise é dividida em quatro escalas; escala intra-compartimento da paisagem, escala entre os compartimentos da paisagem; escala de sub-bacia; e escala de bacia. Por sua vez, a escala intra-compartimento de paisagem é dividida em três: coluvial, ligação lateral relacionada com o desenvolvimento e retrabalhamento dos processos de encosta ao longo da catena; aluvial, ligação lateral relacionada com a formação e retrabalhamento das planícies de inundação e deposição nos canais; e a relação superfície e subsuperfície, ligação vertical relacionada com o fluxo vertical de água, sedimentos e nutrientes, como também com a manutenção do nível de base (FRYIRS, 2013; FRYIRS, BRIERLEY, et al., 2007a; FRYIRS, BRIERLEY, et al., 2007b).

A escala entre compartimentos de paisagem apresenta quatro possibilidades: jusante-montante, ligação longitudinal relacionada com a transferência de fluxo através do sistema; canal tributário-principal, ligação longitudinal relacionada, também, com a transferência dos fluxos através do sistema; encosta e fundo do vale, ligação lateral relacionada com a denudação e erosão da encosta, deposição e retrabalhamento dos colúvios e do material do fundo do vale; e canal-planície de inundação, ligação lateral, relacionada com a formação e retrabalhamento das planícies de inundação. As escalas de sub-bacia e bacia são o conjunto de informações sobre a conectividade e características das suas áreas (BRIERLEY, FRYIRS e JAIN, 2006; FRYIRS, 2013; WOHL, 2017).

A partir do estudo da conectividade nas escalas mencionadas pode-se gerar modelos espaciais e temporais de conectividade que afetam a natureza e as taxas de velocidade de respostas a mudanças, ou até de não resposta a mudanças, deste modo influenciando a capacidade potencial de recuperação do sistema após uma perturbação (BRIERLEY e FRYIRS, 2005; WOHL, BRIERLEY, et al., 2018).

Esses modelos são modificados por uma série de formas, de gênese variada, classificadas como os *buffers*, *barriers*, *blankets* e *boosters*, que podem impedir, ou diminuir, a transmissão, ou até auxiliar e aumentar a transmissão, como o caso dos *boosters*. O uso dessa classificação permite a aplicação em elementos de gênese natural e/ou antrópica (DUARTE e MARÇAL, 2017), identificando o papel desses elementos e seus impactos na capacidade conectiva do sistema, depende intrinsecamente da escala utilizada (FRYIRS, BRIERLEY, et al., 2007a; FRYIRS, BRIERLEY, et al., 2007b).

Os *Buffers* são formas que evitam ou impedem a entrada de sedimentos nos canais. Quando os sedimentos efetivamente chegam aos canais, as *barriers* podem impedir sua movimentação. Os *blankets* são características que evitam interações verticais e o retrabalhamento dos sedimentos. Já os *boosters* atuam aumentando a propagação de energia e matéria no sistema (BRIERLEY, FRYIRS e JAIN, 2006; FRYIRS, BRIERLEY, et al., 2007a; HOOKE, 2003; BLANTON e MARCUS, 2009; FRYIRS, 2013; DUARTE e MARÇAL, 2017).

Os *buffers* rompem as ligações longitudinais ou laterais, atuando como áreas de deposição de sedimentos, os mais comuns são: formas de atuação pontuais, vales preenchidos conservados e saídas de cheias (também atuam como dispersadores do fluxo), e canais tributários preenchidos; formas de atuação em escala de paisagem, como planície de inundação contínua, leques aluviais, zonas de piemonte e terraços; como também formas de atuação; e formas de atuação localizadas, mas não pontuais, planícies de inundação descontínuas (FRYIRS, BRIERLEY, et al., 2007a; SOUZA, CORREA e BRIERLEY, 2016) com a presença de intervenções antrópicas como estradas e rodovias que margeiam cursos fluviais, intervindo na dinâmica encosta canal (BLANTON e MARCUS, 2009; DUARTE e MARÇAL, 2017; JONAS, SWANSON, et al., 2000).

As *barriers*, normalmente, rompem as ligações longitudinais a partir da modificação do nível de base e/ou das características do leito do canal. As formas mais comuns são: as soleiras rochosas, detritos de madeira, baixa competência do canal, barragens e estradas que atuam aumentando o preenchimento do vale a montante (FARIA, 2000; FRYIRS, BRIERLEY, et al., 2007b). As áreas de constrição de vale aumentam a sedimentação e a formação de unidades de leito e planícies de inundação; as barras arenosas/cascalhentas fazem com que os sedimentos permaneçam temporariamente retidos, sendo posteriormente deslocados. Os barramentos antrópicos, como as barragens (ALMEIDA, SOUZA e CORRÊA, 2016; COELHO, 2008) e passagens molhadas (CAVALCANTE e CUNHA, 2012; CAVALCANTE, BEZERRA, et al., 2014; BEZERRA, 2010), bloqueiam a transmissão de sedimento, apenas a carga em suspensão pode ultrapassar essas estruturas, apesar do aumento da sedimentação a montante dos barramentos (FRYIRS, BRIERLEY, et al., 2007a; SOUZA, CORREA e BRIERLEY, 2016; CORRÊA, 2011).

Os *blankets* rompem as ligações verticais alterando a relação superfície/subsuperfície dos fluxos. Podem ocorrer nas planícies de inundação ou no canal. Na planície de inundação camadas de sedimentos a recobrem modificando as características de solo e as propriedades hidrológicas. No canal, a presença de concreções no leito também inibe o retrabalhamento dos sedimentos de subsuperfície (FRYIRS, BRIERLEY, et al., 2007a).

Essas formas desconectantes alteram a dinâmica do balanço de sedimentação (FRYIRS, 2013), não se restringindo apenas às áreas adjacentes, podendo modificar relações à montante ou à jusante por quilômetros (DREW, 2005; KASAI, BRIERLEY, et al., 2005; ALMEIDA, SOUZA e CORRÊA, 2016; POEPPL, FRYIRS, et al., 2020). Podem existir outros elementos desconectantes principalmente de gênese antrópica, como estradas sem drenagem, ou com drenagem insuficiente (BLANTON e MARCUS, 2009; SOUZA e CORRÊA, 2012a; HOOKE, 2003).

Os elementos de desconexão acabam proporcionando uma redução da área de contribuição para as áreas a jusante do impedimento, o que significa que o fluxo de matéria e energia encontra limitações de transmissão, onde há retenção total ou parcial de água e sedimentos à montante, podendo chegar modificar significativamente a área de captação de uma bacia hidrográfica (SOUZA, CORREA e BRIERLEY, 2016; FRYIRS, BRIERLEY, et al., 2007b). Deriva-se assim o conceito de Área de Captação Efetiva (*effective catchment area*) que é a área que contribui diretamente, ou por onde se processa o transporte, para a rede de canais; e reflete o grau de conectividade da bacia, tanto longitudinal, quanto lateral ou vertical (FRYIRS, BRIERLEY, et al., 2007a; FRYIRS, 2013).

Contudo, os impedimentos atuam diferentemente em resposta a eventos com magnitude e frequência diversas. Essa questão está diretamente relacionada à sensibilidade, às respostas aos eventos e aos limiares de mudança (BRUNSDEN, 2001; THOMAS, 2001); ou seja, a área de captação efetiva é temporalmente diferente, estando relacionada com a magnitude dos diferentes tipos de eventos de entrada de energia. Há, assim, a presença dos chamados eventos efetivos ou escalas de tempo efetivas (*effective timescale*) (FRYIRS, BRIERLEY, et al., 2007a; SOUZA, CORREA e BRIERLEY, 2016), os eventos efetivos são os eventos capazes de ultrapassar um impedimento e a escala de tempo efetiva é a frequência dos eventos efetivos (figura 01).

# ESCALA DE TEMPO EFETIVO

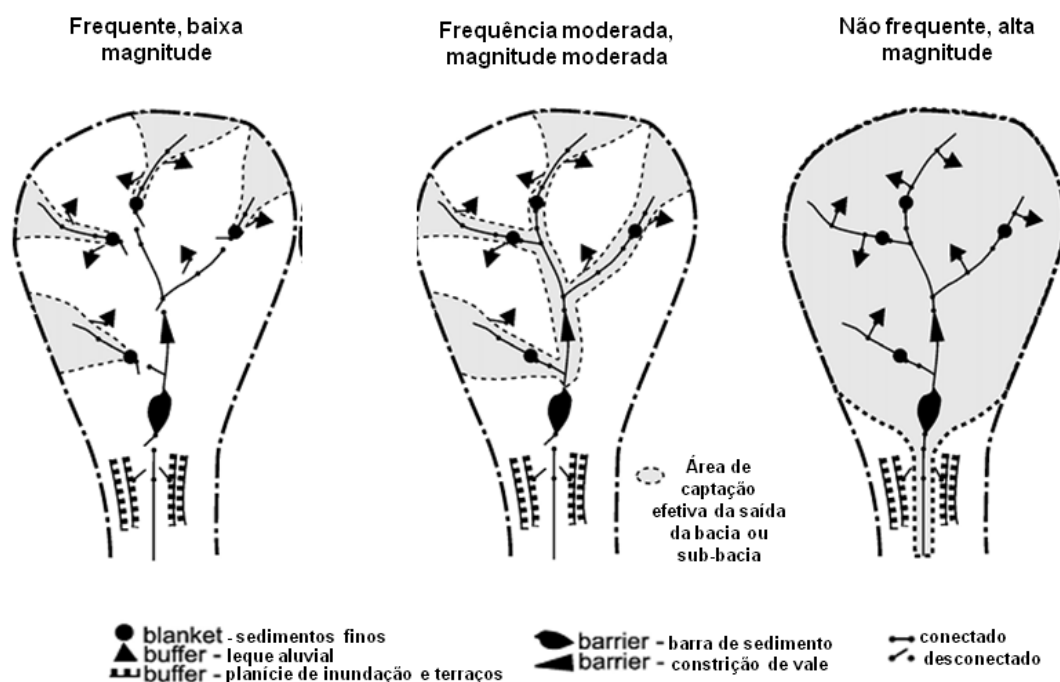


Figura 1: Modelo espacial de impedimentos e sua relação com a área de captura efetiva e com a escala de tempo efetiva (adaptado de FRYIRS, BRIERLEY, et al., 2007a)

O grau de conectividade estará diretamente relacionado à velocidade de transmissão das mudanças. Em sistemas com forte grau de conectividade as mudanças vão ser transmitidas rapidamente, e em sistemas desconectados essas mudanças podem ser absorvidas, parcialmente ou completamente, ou podem ser suprimidas temporariamente (THOMAS, 2001; FRYIRS, BRIERLEY, et al., 2007a; HOOKE, 2003; FRYIRS, 2013; JAIN e TANDON, 2010; WAINWRIGHT, TURNBULL, et al., 2011). Os *buffers* e *barriers*, estarão relacionados com momentos de repouso da transmissão de sedimentos, que podem ser novamente movimentados a partir de eventos efetivos.

A distribuição de impedimentos irá determinar a capacidade de cada compartimento da paisagem ser envolvido no fluxo de sedimentos em cada intervalo de tempo ao longo do qual mudanças na distribuição, ou das características, dos impedimentos alteram a transmissão de sedimentos. Entender o comportamento temporal/espacial da relação de transmissão (conectividade da paisagem) gera possibilidade, por exemplo, de isolar as fontes e impactos das perturbações e prever quando o sistema irá manifestar as mudanças ou absorve-las (THOMAS, 2001; FRYIRS, BRIERLEY, et al., 2007a; FRYIRS e BRIERLEY, 2009; KASAI, BRIERLEY, et al., 2005; CHIVERRELL, FOSTER, et al., 2010).

Ao mesmo tempo o entendimento do comportamento espacial/temporal da relação de transmissão pode ser utilizado, em conjunto com outras análises como análises estratigráficas, para a compreensão da evolução pretérita da paisagem, assim como a ideia de conectividade pode explicar discrepâncias entre datações de ambientes deposicionais adjacentes (CHIVERRELL, FOSTER, et al., 2010).

Alguns estudos oferecem arcabouço teórico/metodológico para a elaboração de modelos de evolução da transmissão de energia em sistemas fluviais, contudo essas pesquisas atrelam-se apenas a alguns elementos necessários para o estudo dessa evolução, sendo necessário uma organização e unificação desse arcabouço para que seja possível elaborar modelos de evolução. Alguns dos elementos levantados/estudados por essas pesquisas são mudança do uso de solo e alterações na conectividade (CROKE, MOCKLER, et al., 2005; BOIX-FAYOS, BARBERÁ, et al., 2007; KASAI, BRIERLEY, et al., 2005; SWIECHOWICZ, 2002; BRIERLEY e FRYIRS, 1999; BRIERLEY, BROOKS, et al., 2005; BLANTON e MARCUS, 2013;



POEPPL, FRYIRS, et al., 2020); relações encosta e canal (ARTZA e WAINWRIGHT, 2009; HARVEY, 2001; WAINWRIGHT, 2006; FRYIRS e BRIERLEY, 1999; FULLER e MARDEN, 2011); mudanças induzidas e conectividade (VANACKER, MOLINA, et al., 2005; FRYIRS e BRIERLEY, 2009; WARNER, 2006); evolução de depósitos sedimentares e conectividade (THOMS, 2003; HOOKE, 2003; THOMS, SOUTHWELL e MCGINNES, 2005; WOLSKI e MURRAY-HUDSON, 2006; MILLER, MACKIN, et al., 2013); escoamento e conectividade (ARTZA e WAINWRIGHT, 2009; MICHAELIDES e WAINWRIGHT, 2002; BACHMAIR e WEILER, 2014; BRACKEN, WAINWRIGHT, et al., 2013; BRACKEN e CROKE, 2007); ambientes secos e conectividade (PUIGDEFABREGAS, BARRIO, et al., 1998; SACO, WILGOOSE e HANCOCK, 2007; LESSCHEN, SCHOORL e CAMMERAAT, 2009; SOUZA e CORRÊA, 2012a; BARROS, SOUZA e CORREA, 2010; REANEY, BRACKEN e KIRBY, 2014; SOUZA, CORREA e BRIERLEY, 2016; TURNBULL, WAINWRIGHT e BRAZIER, 2008); modelos de transmissão de sedimentos (HOOKE, 2003; HECKMANN e SCHWANGHART, 2013; JAIN e TANDON, 2010; HECKMAN, CAVALLI, et al., 2018; ZANANDREA, PAUL, et al., 2020) e pequenos impedimentos (POLYAKOV, NICHOLS, et al., 2014; CASTILHO, MOSCH, et al., 2007; CONESA-GARCÍA e GARCÍA-LORENZO, 2009; MARCHI, COMITI, et al., 2019) .

## **Estudos e aplicações de modelos/métodos sobre transmissão de energia e matéria**

Inicialmente é importante ressaltar a existência de diversas propostas teóricas e, em especial, metodológicas para estudar o comportamento da transmissão dentro do sistema, tais como a proposta de Warner (2006). Esse autor publicou uma proposta teórico-metodológica voltada à análise da degradação ambiental e recuperação de ambientes degradados. Exibindo semelhanças teóricas com a proposta de conectividade da paisagem (BRIERLEY, FRYIRS e JAIN, 2006), apresenta, no entanto, metodologia diversa, baseada na densidade de ligações e descontinuidade, tendo como análise temporal a frequência dos processos em cada área da bacia. Os dois pontos de maior interesse da proposta são a inserção das épocas de baixa vazão, ou não vazão no caso de terras secas, como descontinuidade; e a análise da presença e/ou ausência de vegetação como ligação e/ou descontinuidade (WARNER, 2006).

Wainwright (2006) introduziu a relação de transmissão em modelagens hidrológicas, em especial de escoamento, que controlaria não apenas o deslocamento da água no sistema, mas também o transporte de sedimento, e influenciaria a qualidade da água (ARTZA e WAINWRIGHT, 2009). A partir de modelos complexos; levando em consideração mudanças climáticas, de vegetação, pedológicas e erosivas; o autor trabalhou com cenários, com diferentes contextos de ligação encosta/canal e planície de inundação. Os resultados apontaram diferenças para as respostas hidrológicas em cada um dos cenários, mostrando assim a necessidade de se incluir nesse tipo de análise as questões relativas à ligação/conectividade entre os compartimentos, em especial para estudos em pequenas bacias, as quais apresentariam maiores variações entre os cenários. Deste modo, Artza e Wainwright (2009) apontam para a necessidade de se estudar, não apenas a conectividade estrutural, baseada na identificação e localização dos elementos do sistema, como também a conectividade funcional, baseada principalmente na modelagem do escoamento.

Por vezes, as noções funcionais e estruturas da conectividade se confundem, seja pelo arcabouço teórico em constante evolução, seja em virtude do incremento de técnicas computacionais e ferramentas de monitoramento aproximado, que permitem o desenvolvimento não apenas de modelo teóricos, mas compreender o comportamento das formas de transmissão.

Sob a perspectiva funcional, também compreendida como processual, a conectividade tem suas aplicações desenvolvidas na capacidade e nos padrões de transmissão de matéria e energia, especificamente água e sedimentos ao longo dos recortes ambientais, que podem variar consideravelmente em escalas temporais e espaciais (ZANANDREA, PAUL, et al., 2020; TURNBULL, WAINWRIGHT e BRAZIER, 2008; BRACKEN, WAINWRIGHT, et al., 2013). Através do uso de índices e modelagem matemática, associadas a levantamentos de

campo acurados, o número de estudos voltando a análise dos processos de transmissão começam a ganhar destaque (BRACKEN, WAINWRIGHT, et al., 2013; ZANANDREA, PAUL, et al., 2020; WAINWRIGHT, TURNBULL, et al., 2011; HECKMAN, CAVALLI, et al., 2018).

Contudo, abordar noções funcionais de conectividade requer a compreensão da especificidade de cada processo analisado e que generalizações para outros processos e temas pode proporcionar falhas e imprecisões (WAINWRIGHT, TURNBULL, et al., 2011).

Entre as aplicações mais comuns para avaliar o grau de conectividade paisagem, sob a perspectiva estrutural, é o Índice de Conectividade (IC) esboçado por Borselli, Cassi e Torri (2008), que através da entrada de dados digitais de terreno, apresenta o cenário de conexões que um dado recorte espacial, tal índice ainda é corroborado com modelo de avaliação de campo. Sendo modificado e propagado a partir do trabalho de Cavalli, et al., (2013).

Pensando a dinâmica do ambiente fluvial, a conectividade entre os trechos dos canais é focada na transmissão de sedimentos grosseiros (HOOKE, 2003; FRYIRS, BRIERLEY, et al., 2007b), pela maior dificuldade do transporte, sendo de vital importância para a morfologia fluvial. Hooke (2003) coloca, também, a necessidade de avaliar a mudança temporal da conectividade, não apenas em relação à frequência/magnitude dos eventos de chuva/vazão, como também a variação temporal de sedimento disponível, que estará diretamente relacionada à dinâmica de ocupação e à dinâmica da vegetação de cada localidade (SWIECHOWICZ, 2002).

Os estudos que utilizam diretamente a proposta de conectividade da paisagem (BRIERLEY, FRYIRS e JAIN, 2006), em alguns casos modificando alguns pontos metodológicos (JAIN e TANDON, 2010), consideram o comportamento e estrutura de transmissão entre todos os compartimentos das bacias hidrográficas, analisando diversos tipos de ambientes, tais como: relevos soerguidos em áreas úmidas tectonicamente ativas (FRYIRS, BRIERLEY, et al., 2007a; JAIN e TANDON, 2010); áreas secas de margem ativa (JAIN e TANDON, 2010), áreas úmidas em margem passiva (FRYIRS, BRIERLEY, et al., 2007a; FRYIRS, BRIERLEY, et al., 2007b); ambientes secos em margem passiva (FRYIRS, BRIERLEY, et al., 2007b; SOUZA, 2011; SOUZA e CORRÊA, 2012a; BARROS, SOUZA e CORREA, 2010; SOUZA, CORREA e BRIERLEY, 2016).

## Considerações finais

nas últimas décadas tornou-se evidente a necessidade de estudos verticalizados sobre transmissão de energia e matéria, em especial água e sedimento, através do sistema fluvial. Tentando superar, assim, o modelo de síntese, “caixa preta” no qual as relações de transmissão eram trabalhadas, por exemplo, dentro da perspectiva do balanço de sedimentos, ou da modelagem básica da relação chuva/escoamento.

Atendendo a essa necessidade, uma série de teorias/metodologias foram propostas em diferentes áreas como ecologia, hidrologia e geomorfologia. Essas partem do pressuposto que as relações de transmissão podem ser interrompidas ou diminuídas em determinadas partes do sistema, e a compreensão dessas relações é imprescindível para reconstruir o comportamento desses sistemas ambientais.

Dentre as metodologias analisadas, a proposta de Conectividade da Paisagem (BRIERLEY, FRYIRS e JAIN, 2006) mostra-se adequada aos estudos focados no transporte de sedimentos nos sistemas fluviais. Igualmente, a proposição de Fryirs et al. (2007) permite mensurar a Área de Captação Efetiva com maior propriedade. Contudo é necessário avaliar criticamente se essas propostas/metodologias se adequam à região que se pretende estudar, como também aos dados disponíveis. Sendo, muitas vezes, necessário adequações da metodologia para cada caso (SOUZA, CORREA e BRIERLEY, 2016), como também inserção de novos elementos a serem avaliados. Tais modificações podem ser baseadas nos diferentes modelos já propostos, ou em alguma outra necessidade de pesquisa ainda não trabalhada.

## Referências

- ALMEIDA, J. D. M. D.; SOUZA, J. O. P. D.; CORRÊA, A. C. D. B. Dinâmica e caracterização fluvial da bacia do Riacho Grande, Serra Talhada - PE: abordagem da conectividade da paisagem. *GEO EURJ*, Rio de Janeiro, v. 28, p. 308-331, 2016. ISSN 1981-9021.
- ARTZA, I. L.; WAINWRIGHT, J. Hydrological connectivity: linking concepts with practical implications. *Catena*, v. 79, p. 146-152, 2009.
- BACHMAIR, S.; WEILER, M. Interactions and connectivity between runoff generation processes of different spatial scales. *Hydrological processes*, v. 28, p. 1916-1930, 2014.
- BARROS, A. C. M.; SOUZA, J. O. P.; CORREA, A. C. B. Sensitividade da Paisagem na bacia do riacho Salgado, Belém de São Francisco. *Revista de geografia - Recife*, Recife, v. Especial - VIII SINAGEO, 2010.
- BEZERRA, M. B. **Impactos de passagens molhadas na morfodinâmica fluvial do baixo curso do Rio Jaguaribe**: uma análise a partir da Barragem de Pedrinhas em Limoeiro do Norte - Ceará. [S.l.]: (Dissertação de Mestrado) Universidade Estadual do Ceará, 2010.
- BLANTON, P.; MARCUS, W. A. Railroads, roads and lateral disconnection in the river landscapes of the continental United States. *Geomorphology*, v. 112, p. 212-227, 2009.
- BLANTON, P.; MARCUS, W. A. Transportation infrastructure, river confinement, and impacts on floodplain and channel habitat, Yakima and Chehalis Rivers, Washington, U. S. A. *Geomorphology*, v. 189, p. 55-65, 2013.
- BOIX-FAYOS, C. et al. Effects of check dams, reforestation and land-use changes on river channel morphology: case study of the Rogativa catchment (Murcia, Spain). *Geomorphology*, v. 91, p. 103-123, 2007.
- BORSELLI, L.; CASSI, P.; TORRI, D. Prolegomena to sediment and flow connectivity in the landscape: A GIS and field numerical assessment. *Catena*, v. 75, p. 268-277, 2008.
- BRACKEN, L. J. et al. Concepts of hydrological connectivity: research approaches, pathways and future agendas. *Earth Science Review*, v. 119, p. 17-34, 2013.
- BRACKEN, L. J.; CROKE, J. The concept of hydrological connectivity and its contribution to understanding runoff-dominated geomorphic systems. *Hydrological Processes*, v. 21, p. 1749-1763, 2007.
- BRACKEN, L. J.; WAINWRIGHT, J. Equilibrium in the balance? Implications for landscape evolution from dryland environments. *Geological Society*, London, v. 296, p. 29-46, 2008.
- BRIERLEY, G. et al. Application of the River Styles framework as a basis for river management in New South Wales, Australia. *Applied Geography* 22, v. 22, p. 91-122, 2002.
- BRIERLEY, G. J. et al. Did humid-temperate rivers in the Old and New Worlds respond differently to clearance of riparian vegetation and removal of woody debris. *Progress in Physical Geography*, v. 22,1, p. 27-49, 2005.
- BRIERLEY, G. J.; FRYIRS, K. Tributary-trunk stream relations in a cut-and-fill landscape: a case study from Wolumla catchment, New South Wales, Australia. *Geomorphology*, n. 28, p. 61-73, 1999.
- BRIERLEY, G. J.; FRYIRS, K. A. River Styles, a Geomorphic Approach to Catchment Characterization: Implications for River Rehabilitation in Bega Catchment, New South Wales, Australia. *Environmental Management*, v. 25, No. 6, p. 661-679, 2000.
- BRIERLEY, G. J.; FRYIRS, K. A. **Geomorphology and River Management**: Applications of the River Styles Framework. Oxford: Blackwell Publications, 2005.

- BRIERLEY, G.; FRYIRS, K. A.; JAIN, V. Landscape connectivity: the geographic basis of geomorphic applications. **Area**, v. 38 (2), p. 65-174, 2006.
- BRUNSDEN, D. Barriers to geomorphological Change. In: THOMAS, D. S. G.; ALLISON, R. J. **Landscape Sensitivity**. Chinchester: John Wiley & Sons, 1993. p. 347.
- BRUNSDEN, D. A critical assessment of the sensitivity concept in geomorpholog. **Catena**, v. 42, n. 2-4, p. 99-123, 2001.
- BRUNSDEN, D.; THORNES, J. B. Landscape Sensitivity and Change. **Transactions of the Institute of British Geographers, New Series**, v. 4, n. 4, p. 463-484, 1979.
- CASTILHO, V. M. et al. Effectiveness and geomorphological impacts of check dams for soil erosion control in a semiarid Mediterranean catchment: El Cárcavo (Murcia, Spain). **Catena**, v. 70, p. 416-427, 2007.
- CAVALCANTE, A. A. et al. Estudo das passagens molhadas à jusante da barragem do Castanhão- CEE possíveis alterações na dinâmica fluvial. **Revista Geonorte**, v. Edição Especial 4, 10, n. 1, p. 291-297, 2014. ISSN 2237-1419.
- CAVALCANTE, A. A.; CUNHA, S. B. Morfodinâmica Fluvial em Áreas Semiáridas: Discutindo o vale do Rio Jaguaribe-CE-Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 12, n. 1, p. 39-49, 2012.
- CHARLTON, R. **Fundamentals of Fluvial Geomorphology**. 1ª. ed. London: Routledge, 2008.
- CHIVERRELL, R. C. et al. Sediment transmission and storage: the implications for reconstructing landform development. **Earth surface process and landform**, v. 35, p. 4-15, 2010.
- COELHO, A. L. N. Geomorfologia fluvial de rios impactados por barragens. **Camiho de geografia**, Uberlândia, v. 9, n. 26, p. 16-32, Junho 2008. ISSN 1678-6343.
- CONESA-GARCÍA, C.; GARCÍA-LORENZO, R. Effectiveness of check dams in the control of general transitory bed scouring in semiarid catchment areas (South-East Spain). **Water and Environment Journal**, v. 23, p. 1-14, 2009. ISSN 1747-6585.
- CORRÊA, A. C. B. et al. Estilos fluviais de uma bacia de drenagem no submédio São Francisco. **Revista de Geografia - Recife**, v. 26 n 1, p. 181-215, 2009.
- CORRÊA, A. C. D. B. Antropogênese e morfogênese sob a ação de eventos climáticos de altas magnitude no semiárido pernambucano: o caso da Bacia do Riacho Salgado. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 12, n. 3, p. 25-36, 2011.
- CROKE, J. et al. Sediment concentration changes in runoff pathways from a forest road network and the resultant spatial pattern of catchment connectivity. **Geomorphology**, v. 68, p. 257-268, 2005.
- DREW, D. **Processos interativos homem-meio ambiente**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.
- DUARTE, N. ; MARÇAL, M. D. S. Conectividade da paisagem na bacia do Rio Sana (RJ): Relação entre áreas de captação efetiva e tipos de bloqueios. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 18, n. 4, p. 755-766, Out-Dez 2017. ISSN 2236-5664.
- FARIA, A. P. Influência da vegetação nos processos fluviais de bacias de primeira ordem. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5 n.3, p. 59-68, 2000.
- FRYIRS, K. (Dis) Connectivity in catchment sediment cascades: a fresh look at sediment delivery problem. **Earth Surface Process and Landforms**, v. 38, p. 30-46, 2013.
- FRYIRS, K. A. et al. Buffers, barriers and blankets: The (dis)connectivity of catchment-scale. **Catena**, v. 70, n. 1, p. 49-67, 2007.

- FRYIRS, K. A. et al. Buffers, barriers and blankets: The (dis)connectivity of catchment-scale sediment cascades. **Catena**, v. 70, p. 49-67, 2007a.
- FRYIRS, K. A. et al. Catchment-scale (dis)connectivity in sediment flux in the upperHunter catchment, New South Wales, Australia. **Geomorphology**, v. 89, p. 297-316, 2007b.
- FRYIRS, K.; BRIERLEY, G. **Practical application of the River Styles® framework as a tool for catchment-wide river management: A case study from Bega catchment, New South Wales, Australia.** ebook: site: <http://www.riverstyles.com/ebook.php>, 2005.
- FRYIRS, K.; BRIERLEY, G. J. Slope-channel decoupling in Wolumla catchment, New South Wales, Australia: the changing nature of sediment sources following european settlement. **CATENA**, n. 35, p. 41-63, 1999.
- FRYIRS, K.; BRIERLEY, G. J. Naturalness and place in River Rehabilitation. **Ecology and Society**, v. 14 (1): 20, 2009.
- FULLER, I. C.; MARDEN, M. Slope-channel coupling in steepland terrain: A field-based conceptual model from the Tardale gully and fan, Waipaoa catchment, New Zealand. **Geomorphology**, v. 128, p. 105-155, 2011.
- HARVEY, A. M. Coupling between hillslopes and channels in upland fluvial systems: implications for landscape sensitivity, illustred from the Howgill Fells, northwest England. **Catena**, n. 42, p. 225-250, 2001.
- HARVEY, A. M. Effective timescales of coupling within fluvial systems. **Geomorphology**, v. 44, p. 175-201, 2002.
- HARVEY, A. M. The coupling status of alluvial fans and debris cones: a review and synthesis. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 37, p. 64-74, 2012.
- HECKMAN, T. et al. Indices of sediment connectivity: opportunities, challenges and limitations. **Earth-Science Reviews**, v. 187, p. 77-108, 2018.
- HECKMANN, T.; SCHWANGHART, W. Geomorphic coupling and sediment connectivity in an alpine catchment - Exploring sediment cascades using graph theory. **Geomorphology**, v. 182, p. 89-103, 2013.
- HOOKE, J. Coarse sediment connectivity in river channel systems: a conceptual framework and methodology. **Geomorphology**, v. 56, p. 79-94, 2003.
- JAIN, V.; TANDON, S. K. Conceptual assessment of (dis)connectivity and its application to the Ganga River dispersal system. **Geomorphology**, v. 118, p. 349-358, 2010.
- JONAS, J. A. et al. Effects os roads on hydrology, geomorphology and disturbance patches in stream networks. **Conservations Biology**, v. 14, n. 1, p. 76-85, Febreary 2000.
- KASAI, M. et al. Impacts of land use change on patterns of sediment flux in Weraamaia catchment, New Zealand. **Catena**, v. 64, p. 27-60, 2005.
- LESSCHEN, J. P.; SCHOORL, J. M.; CAMMERAAT, L. H. Modelling runoff and erosion for a semi-arid catchment using a multi-scale approach based on hydrological connectivity. **Geomorphology**, v. 109, p. 174-183, 2009.
- MARCHI, L. et al. Channel control works and sediment connectivity in the European Alps. **Science of the Total Environment**, v. 668, p. 389-399, 2019.
- MICHAELIDES, K.; WAINWRIGHT, J. Modelling the effects of hillslope-channel coupling on catchment hydrological response. **Earth Surface Processes and Landforms**, n. 27, p. 1441-1457, 2002.
- MILLER, J. R. et al. Influence of basin connectivity on sediment source, transport, and storage within the Mkabela Basin, South Africa. **hydrology and Earth System Sciences**, v. 17, p. 761-781, 2013.

- PHILLIPS, J. D. Nonlinear dynamical systems in geomorphology: revolution of evolution. **Geomorphology**, v. 5, p. 2019-229, 1992.
- PHILLIPS, J. D. Emergence and pseudo-equilibrium in geomorphology. **Geomorphology**, v. 132, p. 319-326, 2011.
- POEPPL, R. E. et al. Managing sediment (dis)connectivity in fluvial systems. **Science of the Total Environment**, v. 736, p. 1-19, 2020.
- POLYAKOV, V. O. et al. Effect of check dams on runoff, sediment yield, and retention on small semiarid watersheds. **Journal of soil and water conservations**, v. 69, n. 5, 2014.
- PUIGDEFABREGAS, J. et al. Differential responses of hillslope and channel elements to rainfall events in a semi-arid area. **Geomorphology**, v. 23, p. 337-351, 1998.
- REANEY, S. M.; BRACKEN, L.; KIRBY, M. The importance of surface controls on overland flow connectivity in semi-arid environments: results from a numerical experimental approach. **Hydrological Processes**, v. 28, p. 116-2128, 2014.
- SACO, P. M.; WILGOOSE, G. R.; HANCOCK, G. R. Eco-geomorphology of banded vegetation patterns in arid and semi-arid regions. **Hidrology and Earth System Sciences**, v. 11, p. 1717-1730, 2007.
- SCHUMM, S. A. **The fluvial system**. Caldwell: The Blackburn Press, 1977.
- SOUZA, J. O. P. **Sistema fluvial e açudagem no semi-árido, relação entre a conectividade da paisagem e dinâmica da precipitação, na bacia de drenagem do riacho do sacco, Serra Talhada, Pernambuco**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio ambiente. Recife, p. 169. 2011.
- SOUZA, J. O. P. D.; CORREA, A. C. D. B.; BRIERLEY, G. J. An approach to assess the impact of landscape connectivity and effective catchment area upon bedload sediment flux in Saco Creek Watershed, Semiarid Brazil. **CATENA**, v. 138, p. 13-29, 2016.
- SOUZA, J. O. P.; CORRÊA, A. C. B. Conectividade e área de captação efetiva de um sistema fluvial semiárido: bacia do riacho Mulungu, Belém de São Francisco-PE. **Sociedade e Natureza**, v. 24, n. 2, p. 379-332, 2012a.
- SWIECHOWICZ, J. The influence of plant cover and land use on slope-channel decoupling in a foothill catchment: a case study from Carpathian Foothills, southern Poland. **Earth Surface Processes and Landforms**, n. 27, p. 463-479, 2002.
- THOMAS, M. F. Landscape sensitivity in time and space - an introduction. **Catena**, v. 42, p. 83-98, 2001.
- THOMS, M. Floodplain-river ecosystems: lateral connections and implications of human interference. **Geomorphology**, v. 56, p. 335-349, 2003.
- THOMS, M. C.; SOUTHWELL, M.; MCGINNES, H. M. Floodplain-river ecosystems: fragmentation and water resources development. **Geomorphology**, v. 71, p. 126-138, 2005.
- TURNBULL, L.; WAINWRIGHT, J.; BRAZIER, R.. A conceptual framework for understanding semi-arid land degradation: ecohydrological interactions across multiple-space and time scales. **ECOHYDROLOGY**, n. 1, p. 23-34, 2008.
- VANACKER, V. et al. River channel response to short-term human-induced change in landscape connectivity in Andean ecosystems. **Geomorphology**, v. 72, p. 340-353, 2005.
- WAINWRIGHT, et al. Linking environmental regimes, space and time: Interpretations of structural and functional connectivity. **Geomorphology**, v. 126, 2011.
- WAINWRIGHT, J. Degrees of separation: Hillslope-channel coupling and the limits of paleohydrological reconstruction. **CATENA**, n. 66, p. 93-106, 2006.

- WARNER, R. F. Natural and artificial linkages and discontinuities in a Mediterranean landscape: Some case studies from the Durance Valley, France. **CATENA**, n. 66, p. 236-250, 2006.
- WOHL, E. Connectivity in rivers. **Progress in Physical Geography**, v. 41, n. 3, p. 345-362, 2017.
- WOHL, E. et al. Connectivity as an emergent property of geomorphic systems. **Earth Surface Processes and Landforms**, p. 23, 2018.
- WOLSKI, P.; MURRAY-HUDSON, M. Flooding dynamics in a large low-gradient alluvial fan, the Okavango delta, Botswana, from analysis and interpretation of a 30-year hydrometric record. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 10, p. 127-137, 2006.
- ZANANDREA, et al. CONECTIVIDADE DOS SEDIMENTOS: CONCEITOS, PRINCÍPIOS E APLICAÇÕES. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 435-459, Abr-Jun 2020. ISSN 2236-5664.