

# Pequenas estruturas em rios e seus efeitos na conectividade da paisagem – baixo curso do rio Piancó – semiárido brasileiro

## Small structures in rivers and their effects on landscape connectivity - lower course of the Piancó river - Brazilian semi-arid region

André Oliveira Trigueiro Castelo Branco\*, Jonas Otaviano Praça de Souza\*\*

\* Departamento de Geociências, Universidade Federal da Paraíba, andre.trigueiro@academico.ufpb.br

\*\* Departamento de Geociências, Universidade Federal da Paraíba, jonas.souza@academico.ufpb.br

<http://dx.doi.org/10.5380/raega.v60i0.95063>

### Resumo

Este estudo investiga a conectividade da paisagem longitudinal em sistemas fluviais semiáridos, com foco nos efeitos das estruturas antrópicas na transmissão de água e sedimentos. A pesquisa foi realizada na bacia hidrográfica do baixo curso do rio Piancó, onde foram identificadas e caracterizadas vinte e quatro estruturas antrópicas, incluindo passagens molhadas e barragens (rústicas e de engenharia). Os elementos foram analisados A distribuição desordenada dessas estruturas destaca a falta de planejamento nas intervenções humanas. A análise demonstrou que a barragem de engenharia, em particular, desconecta a porção leste da bacia da área de captação efetiva (ACE), afetando a dinâmica hídrica e desconectando a conectividade sedimentar. Conclui-se que as estruturas antrópicas exercem influência significativa e local nos canais fluviais, o que demanda monitoramento e abordagem integrada com outras pesquisas para entender melhor os efeitos. A recomendação é que mapeamentos preliminares de conectividade sejam incorporados nas etapas iniciais de pesquisas em geomorfologia fluvial para melhorar a precisão e a eficácia das análises.

### Palavras-chave:

Fluxo de sedimentos; Seções da paisagem; Impactos antrópicos; Canal fluvial; Estruturas antrópicas.

### Abstract

This study investigates landscape connectivity in semi-arid fluvial systems, focusing on the effects of anthropogenic structures on water and sediment transmission. The research was conducted in the lower course of the Piancó River basin, where twenty-four anthropogenic structures were identified and characterized, including fords and dams (both rudimentary and engineered). The disordered distribution of these structures highlights the lack of planning in human interventions. The analysis

demonstrated that engineered dams, in particular, disconnect the eastern portion of the basin from the effective catchment area (ECA), affecting hydrological and sediment dynamics. It is concluded that anthropogenic structures exert significant local influence on fluvial channels, necessitating continuous monitoring and an integrated approach with other research to better understand the impacts. It is recommended that preliminary connectivity mapping be incorporated in the initial stages of fluvial geomorphology research to improve the precision and effectiveness of analyses.

**Keywords:**

Sediment flow; Sections of the landscape; Anthropic impacts; River channel; Semiarid landscape.

## I. INTRODUÇÃO

A história da ocupação de terras secas em todo o mundo destaca a aplicação de tecnologias sociais para melhorar o aproveitamento dos recursos hídricos, viabilizando dessa forma a ocupação desses territórios. No semiárido brasileiro, a ocupação sempre dependeu fortemente do uso eficiente da água, com intervenções como barragens, adutoras, transposições de rios e políticas públicas (DANTAS; DA SILVA; SANTOS, 2020). Esse histórico fez com que o semiárido nordestino fosse uma das regiões com maior número de barragens no mundo (VIEIRA, 2003).

As terras secas possuem em sua dinâmica ambiental um contexto complexo, sendo palco da interação de variados fatores, como irregularidade pluviométricas, comportamento episódicos, taxas de evapotranspiração elevadas, expressiva movimentação de sedimentos (GRAF, 1988; BULL; KIRKBY, 2002a, 2002b). Destaca-se nessas áreas a predominância de sistemas fluviais compostos por rios não-perenes (BUSCH et al., 2020; MESSENGER et al., 2021), em que o trabalho morfológico desses sistemas tem forte ligação com eventos episódicos de fluxo no canal fluvial (HOOKE, 2016), com variações espaço-temporais de magnitude e frequência (BULL et al., 2000; CORRÊA et al., 2010; SOUZA; ALMEIDA, 2015). Abrindo um campo de atuação para abordagens e concepções que analisam a dinâmica de transmissão e comportamentos desses ambientes, em que se destaca a conectividade da paisagem.

Essa, surge enquanto *framework* de análise da dinâmica ambiental, em especial no sistema fluvial, de modo a investigar o potencial de transmissão e a movimentação de matéria e energia (*input* e *outputs*) em variadas escalas de análise (BRIERLEY; FRYIRS; JAIN, 2006) entre seções do sistema, passando desde mudanças morfológicas no interior do canal fluvial (HOOKE, 2003; SANDERCOCK; HOOKE, 2011; WOHL; SCAMARDO, 2021), por seguimentos do canal (WOHL; SCAMARDO, 2021; HOOKE, 2023), seções da paisagem (SOUZA; CORRÊA; BRIERLEY, 2016; HOOKE; SOUZA; MARCHAMALO, 2021), sub-bacias de afluentes até grandes bacias hidrográficas (FRYIRS et al., 2007b, 2007a; WOHL, 2017).

No contexto brasileiro, estudos de conectividade da paisagem, especificamente a conectividade fluvial, vêm ganhando aplicações em diversos recortes nacionais (SOUZA; CORREA, 2012; SOUZA; CORRÊA; BRIERLEY, 2016; DUARTE; MARÇAL, 2017; FRANCO; SOUZA, 2019; CASTELO BRANCO, 2020; SOUZA; BRANCO, 2020; ZANANDREA et al., 2020; LIMA; MARÇAL; CORRÊA, 2021; ABATTI et al., 2023). São trabalhos que se envolvem na investigação da conectividade estrutural e funcional, avaliando o processo de transporte dos sedimentos. Outros, avaliam a conectividade em associação a metodologia ou concepções teóricas que abordam a suscetibilidade a mudanças.

Estudar conectividade implica em compreender as desconexões (BRIERLEY; FRYIRS; JAIN, 2006), como o acoplamento e desacoplamento de seções da paisagem (HARVEY, 2001, 2002, 2012). Por exemplo, no trabalho de Fryirs et al. (2007b), os autores reconhecerem três categorias de elementos (*buffers*, *barriers* e *blankets*), sejam eles naturais ou antrópicas, que interferem na transmissão, de água e sedimentos, no do sistema fluvial, em dimensões de transmissão (lateral, longitudinal e vertical).

Tratando especificamente da dimensão longitudinal, se destacam os *barries*, representados por elementos de interrupção que interferem na dinâmica longitudinal do canal fluvial, alterando a relação montante-jusante. São representados por soleiras rochosas, barragens (de tamanhos variados), rodovias e estradas. Os efeitos desses elementos de interrupção podem variar, indo desde desconexões parciais ou totais, temporárias ou permanentes (FRYIRS et al., 2007b). Dessa forma, cada elemento de interrupção longitudinal, com suas características construtivas específicas, tem o potencial de gerar manifestações distintas no comportamento da transmissão (FRYIRS, 2013; SOUZA; CORRÊA; BRIERLEY, 2016; CASTELO BRANCO et al., 2023).

Além da caracterização e diferenciação dos elementos de interrupção, a distribuição espacial também ganha destaque ao se trabalhar com a conectividade da paisagem, sendo um dos fatores principais para delimitação da Área de Captação Efetiva (ACE) (FRYIRS et al., 2007a). Ela pode ser entendida como a porção que vai contribuir com matéria e energia para as porções a jusante do sistema fluvial, ou seja, as áreas que possuem potencial de fornecer água e sedimentos de montante para jusante em cenários variados de magnitude e frequência (FRYIRS et al., 2007b, 2007a; SOUZA; CORREA, 2012) de vazão no canal.

Explorando um pouco mais os elementos de interrupção longitudinal. As barragens, enquanto representantes mais significativos, apresentam potencial de alterar expressivamente a dinâmica fluvial (COELHO, 2008; SCORDO et al., 2023). A liberação de água a jusante, quando o volume represado ultrapassa a capacidade de armazenamento, gerando novamente vazão no canal, de modo que a relação de fluxo não será

atrelada a eventos de vazão, mas também ao limite da barragem. Quando a movimentação de sedimentos, essa sofre os efeitos mais significativos, especialmente sobre os sedimentos de carga de fundo (FRYIRS et al., 2007a, 2007b), com efeitos menos significativos sobre sedimentos em suspensão.

Outros tipos de elementos de interrupção, de menor porte, como passagens molhadas (CAVALCANTE et al., 2014; CASTELO BRANCO et al., 2023), *check dams* (barragem de verificação) (CASTILLO et al., 2007; ABBASI et al., 2019; LUCAS-BORJA et al., 2019). Os efeitos sobre o sistema fluvial também podem variar, de modo que esses elementos também geram efeitos impeditivos, restringindo o fluxo de água e sedimentos, contudo, a transmissão alcança estágios de conexão (conectado e parcialmente conectada) com maior facilidade. À medida que seus efeitos perdem eficácia, mediante eventos mais significativos ou extremos (HOOKE, 2016; SOUZA; CORRÊA; BRIERLEY, 2016; CASTELO BRANCO et al., 2023) capazes de remobilizar expressiva quantidade de água e sedimentos (HOOKE, 2019).

Apesar do crescente interesse em trabalhos centrados na quantificação e medição da conectividade fluvial, tanto sedimentológica quanto hidrológica, (BRACKEN; CROKE, 2007; BORSELLI; CASSI; TORRI, 2008; CAVALLI et al., 2013; BRACKEN et al., 2015; WOHL, 2017; HECKMANN et al., 2018; ZANANDREA et al., 2020), de maneira especial sob a perspectiva da conectividade funcional (HECKMANN et al., 2018; ZANANDREA; MICHEL; KOBIYAMA, 2020; HOOKE; SOUZA; MARCHAMALO, 2021; ABATTI et al., 2023), entendemos que a perspectiva estrutural carece ser considerada sobretudo ao trabalhar com a distribuição de elementos de interrupção, resultado de processos antrópicos históricos nos sistemas fluviais, como é o caso do semiárido tropical brasileiro.

Com base nessas considerações, o trabalho visa analisar como elementos de interrupção antrópicos afetam a conectividade longitudinal em rios de bacia hidrográfica no semiárido paraibano. Buscou-se examinar a distribuição espacial dessas estruturas, suas tipologias e características construtivas. Também, o comportamento do sistema fluvial em três cenários de magnitude dos eventos de fluxo no canal, reconhecendo seus efeitos na Área de Captação Efetiva (ACE), além de buscar desenvolver modelo de relacionamento das estruturas antrópicas frente as magnitudes de eventos.

## II. ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Piancó (BHRP), tem área total de aproximadamente 9.242,75 km<sup>2</sup>, cujo baixo curso (BHBXP), sub-bacia com canal perenizado, tem área estimada em 768 km<sup>2</sup> (Figura 1). Localizada na depressão sertaneja (CORRÊA et al., 2010), marcada pelo embasamento cristalino, relevo predominantemente

plano e suave ondulado, registrando por intrusões granítica do neoproterozoico, com depósitos aluvionares incipientes associadas ao canal principal (MEDEIROS, 2008).

O terreno apresenta homogeneidade altimétricas predominando terrenos com altitudes entre 169 m até 300 m, registrado mudanças topográficas no sul da bacia devida a um complexo de serras (ARAÚJO, 2018), com áreas mais elevadas com altitudes partindo de 300 m chegando até 800 m. Quanto a declividade, apresenta cenário majoritariamente plano e suave ondulado, com áreas mais íngremes associadas as cabeceiras de drenagem com cotas altimétricas mais elevadas (CASTELO BRANCO et al., 2023).

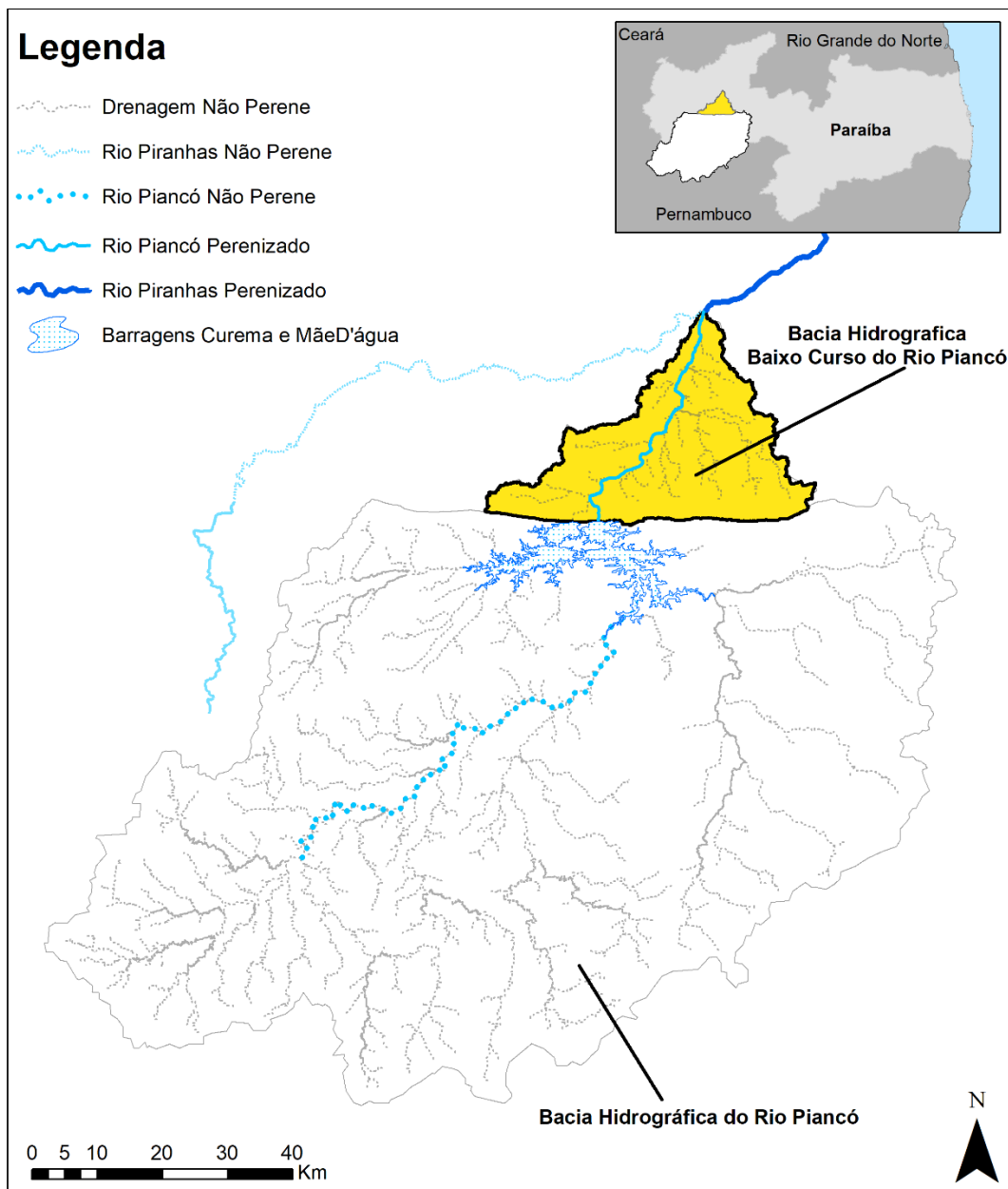


Figura 1 - Localização da Bacia Hidrográfica do Baixo Curso do Rio Piancó. Elaboração por: Autores, 2024.

### III. MATERIAIS E MÉTODOS

A análise da conectividade da paisagem foi realizada com base nas considerações de Brierley, Fryirs e Jain (2006), Fryirs et al. (2007a; 2007b), e Fryirs (2013), iniciando com a identificação dos elementos de interrupção em ambiente de gabinete, seguido de atividades de campo para validação e caracterização dos elementos, análise e tratamento dos dados coletados, findando com a delimitação da ACE, organizado em cinco etapas (Figura 2).

Como o foco do trabalho são os elementos de interrupção longitudinais antrópicos, ou seja, as *barries* (DUARTE; MARÇAL, 2017), optou-se por desconsiderar as feições e elementos desconectantes de origem natural (FRYIRS et al., 2007a). Tal predileção se deu devido ao entendendo que as estruturas antrópicas são capazes de gerar modificações expressivas (CORRÊA, 2012) sobre os canais fluviais. Outrossim, é o esforço (atividades de gabinete e de campo) para localizar e alcançar elementos naturais no interior da bacia. Se sobressaindo os elementos antrópicos, quase sempre associadas a vias de acesso e/ou ocupações antrópicas.

O levantamento inicial dos elementos de interrupção, se deu através de delimitação da hidrografia da BHBXP, na qual foi examinada sequencialmente através das sub-bacias dos afluentes, na qual os elementos de interrupção foram apontados, utilizando o *software* Google Earth Pro.

As atividades de campo apoiaram os procedimentos de reconhecimento preliminar, seja para validação do levantamento prévio, detalhamento das características construtivas e os efeitos gerados (Quadro 1), dos elementos de interrupção longitudinal. Assim, as tipologias dos elementos foram analisadas considerando as especificidades e sítio no qual estavam instaladas.

Quadro 1 - Dados levantados e verificados na caracterização dos elementos de interrupção.

TIPOLOGIA	DADOS VERIFICADOS
<b>Barragens</b> <b>Rústicas Pequenas</b> <b>Rústicas Médias</b> <b>De engenharia</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Características do canal a montante e a jusante;</li><li>• Nível do canal para a altura da interrupção;</li><li>• Se barra, impede/interrompe o fluxo no canal;</li><li>• Materiais componentes da barragem (<i>balde e sangradouro/vertedouro</i>);</li><li>• Se estavam rompidas/danificadas.</li></ul>
<b>Pontes</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Construção e largura da passagem da água;</li><li>• Se barra, impede/interrompe o fluxo no canal;</li><li>• Apresentavam barragens contíguas à estrutura.</li></ul>
<b>Passagens Molhadas</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Características do canal a montante e a jusante;</li><li>• Se barra, impede/interrompe o fluxo no canal;</li><li>• Nível do leito do canal para altura da interrupção;</li><li>• O tipo de material componente;</li><li>• Da estrutura e forma do aparelho.</li></ul>

Fonte: Elaboração autores, 2023.

O controle dos dados em campo foi feito através de GPS marca GARMIN, modelo Etrex30. A gestão dos dados preliminares e pontos de campo também foram inseridos no *software* AlpineQuest Explorador Off-Road, versão PRO, de uso em dispositivo móvel com sistema operacional *Android*. Ao total, mapeados e visitados vinte e quatro elementos de interrupção.

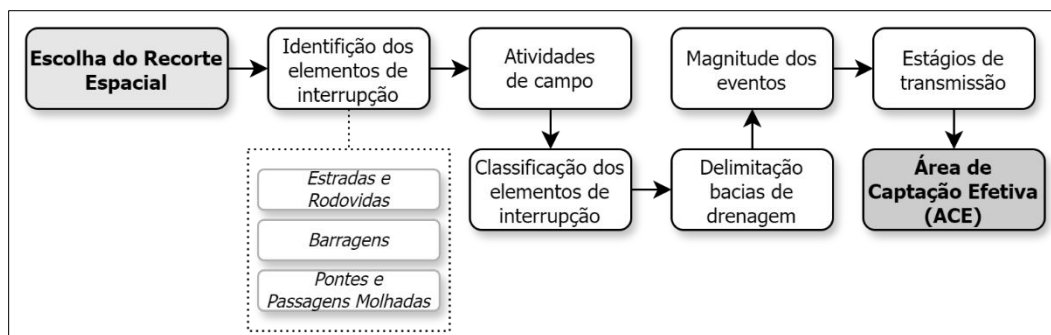


Figura 2 - Fluxo de reconhecimento dos elementos desconectantes e delimitação das áreas de captação efetiva da BCH. Fonte: Adaptado de Fryirs et al. (2007a, 2007b); Fryirs, (2013); Souza et al. (2016).

Por seguinte, após a integração de dados e informações, foram delimitadas as bacias de drenagem de cada impedimento mapeado (Figura 2), ignorando propositalmente as sub-bacias dos afluentes e do canal principal. Através da espacialização dos elementos de interrupção no canal fluvial, delimitou-se as bacias de drenagem, em ambiente SIG, através do *software* ArcMap, versão 10.1, com uso do pacote de ferramentas *Arc Hydro Tools*. Desta forma, buscou-se compreender quais áreas apresentam potenciais conexões e desconexões no interior da bacia.

Por fim, o comportamento do canal fluvial e sua interação com os elementos de interrupção, através das bacias de drenagem de cada elemento, foram avaliados a partir de cenários de magnitude dos eventos de fluxo (Quadro 2), essas áreas foram então classificadas em três estágios de transmissão a partir do comportamento das estruturas em cada potencial cenário. Em ato contínuo, foi delimitada a ACE (FRYIRS et al., 2007a; SOUZA; CORRÊA; BRIERLEY, 2016) da BHBXP, a partir de três estágios de transmissão (Quadro 2) (SOUZA; CORREA, 2012).

Quadro 2 - Magnitudes dos eventos de fluxo do canal e estágios de transmissão.

MAGNITUDE	CARACTERÍSTICAS
Magnitude Baixa	Fluxo incipiente, sem alcançar as margens do canal fluvial, com baixa competência de movimentação de sedimentos e reduzida capacidade de desenvolvimento de processos.
Magnitude Moderada	Fluxo preenchendo o leito do canal, alcançando até o nível de margens plenas, com competência suficiente para mobilizar sedimentos e desenvolver trabalho geomórfico no leito do canal.

<b>Magnitude Alta</b>	Fluxo de grande volume, superando os limites marginais invadindo as planícies de inundação, com elevada capacidade de mobilização de sedimentos e grande potencial de desenvolver trabalho fluvial intra e extra calha, sendo abarcados os eventos extremos.
<b>ESTÁGIOS DE TRANSMISSÃO</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
<b>Conectado</b>	Há transmissão longitudinal, de modo que os efeitos impeditivos das estruturas antrópicas pouco exercem influências ao fluxo, havendo assim passagem de água e sedimentos sem maiores dificuldades.
<b>Parcialmente conectado</b>	Há a transmissão parcial de água e sedimentos, de modo que a estrutura exerça influência na capacidade de transmissão, restringindo-a.
<b>Desconectado</b>	Não se verifica passagem de fluxo longitudinal, com os efeitos dos impedimentos subvertendo o fluxo do canal, retraindo todo o fluxo a montante, gerando acúmulo.

Fonte: Adaptado de Fryirs et al., (2007b); Souza; Corrêa; Brierley, (2016); Hooke, (2019). Elaboração autores, 2023.

Considerando a distribuição desordenada dos elementos de interrupção longitudinal no interior da bacia. Optou-se por analisar unitariamente suas bacias de drenagem, permitindo filtrar eventuais incongruências, como áreas de captação conectadas a montante de grandes elementos de desconexão. Ou seja, apenas o status de conectado da bacia de drenagem não significa que essa área faz parte da ACE da bacia hidrográfica.

#### IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Partindo da delimitação dos elementos de interrupção, verificou-se a presença de pontes, passagens molhadas, barragens rústicas e barragens de engenharia (

Figura 3) no interior da bacia hidrográfica do baixo curso do rio Piancó. A distribuição dos elementos apresenta diferenças entre o canal principal e seus afluentes, à medida que a maioria das barragens (rústicas e de engenharia) estão instalados nos tributários e as passagens molhadas se concentrando no canal principal e nas confluências (Figura 4B **Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Quanto as passagens molhadas, essas pequenas estruturas, quase sempre associadas às estradas rurais (Figura 4A), estão pulverizadas ao longo de toda BHBXP, desde áreas de cabeceira e ao longo no canal principal, utilizadas para ligar comunidades rurais e sítios da região. As pontes apresentam-se ligadas a rodovias (estaduais e federais) que cortam a bacia (Figura 4A), instaladas tanto sobre o canal principal como em seus afluentes.

A bacia possui o encadeamento de impedimentos em afluentes na porção sudeste da bacia, com barragens rústicas e médias praticamente lado a lado (ou seja, alcançando curso fluviais paralelos) ou subsequentes, sendo essas ainda abarcadas pela área de captação de uma barragem de engenharia a jusante,

próximo ao canal principal (Figura 4B). Nota-se pretensa busca social pela captura de cursos fluviais, através do uso de barragens, visando aproveitamento futuro em atividades antrópicas diversas, sem qualquer ordenamento de aproveitamento ou gestão da instalação, sendo evidenciado pela espacialização desordenada no recorte espacial em questão.

Destaca-se a quantidade e distribuição dos elementos de interrupção no interior da bacia, o que convém observar as observações de Cavalcante e Cunha (2014) e Vieira (2003) a respeito da frequência massiva de intervenções fluviais no semiárido do nordeste brasileiro. Observa-se também a presença de barramentos próximos às áreas de cabeceira, nas áreas mais elevadas da bacia, próximas ao complexo de serras sertanejas, onde predominam processos de produção de sedimentos.

Identificados os elementos de interrupção, suas bacias de drenagem foram demarcadas tendo como limitante a existência de outra estrutura impediendo a montante ou os divisores topográficos da própria bacia hidrográfica (Figura 4C). Por consequência disso, o tamanho das áreas de captação variou consideravelmente, visto que sua delimitação obedeceu a espacialização desordenada dos elementos no interior da bacia, como anteriormente mencionado.

Analisando as características construtivas dos elementos de impedimento e as características do canal fluvial, como também a magnitude dos eventos de fluxo, buscou-se, apreender como a dinâmica fluvial e a capacidade de transmissão de água e sedimentos de carga de fundo se relacionam com essas estruturas. Dessa forma, cada bacia de drenagem foi enquadrada nos três estágios de transmissão (Quadro 3), considerando o potencial de transmissão de montante para jusante a partir do elemento de interrupção.

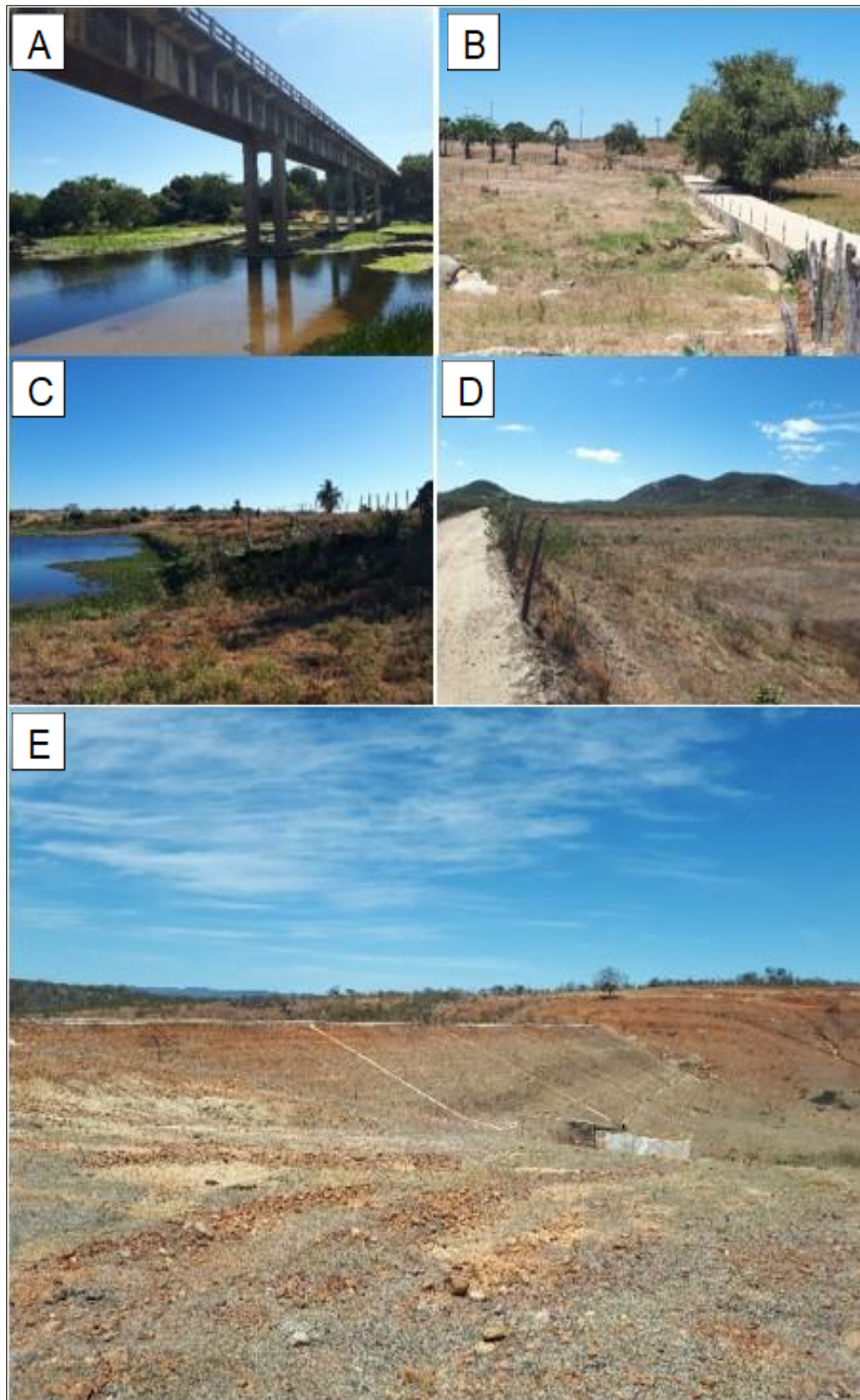


Figura 3: Detalhamento dos impedimentos antrópicos verificados no interior da bacia hidrográfica do baixo curso do Rio Piancó. A – Ponte, B – Passagem molhada, C – Barragem rústica pequena, D – Barragem rústica média e, E – Barragem de Engenharia. Fonte: Acervo autores, 2018.

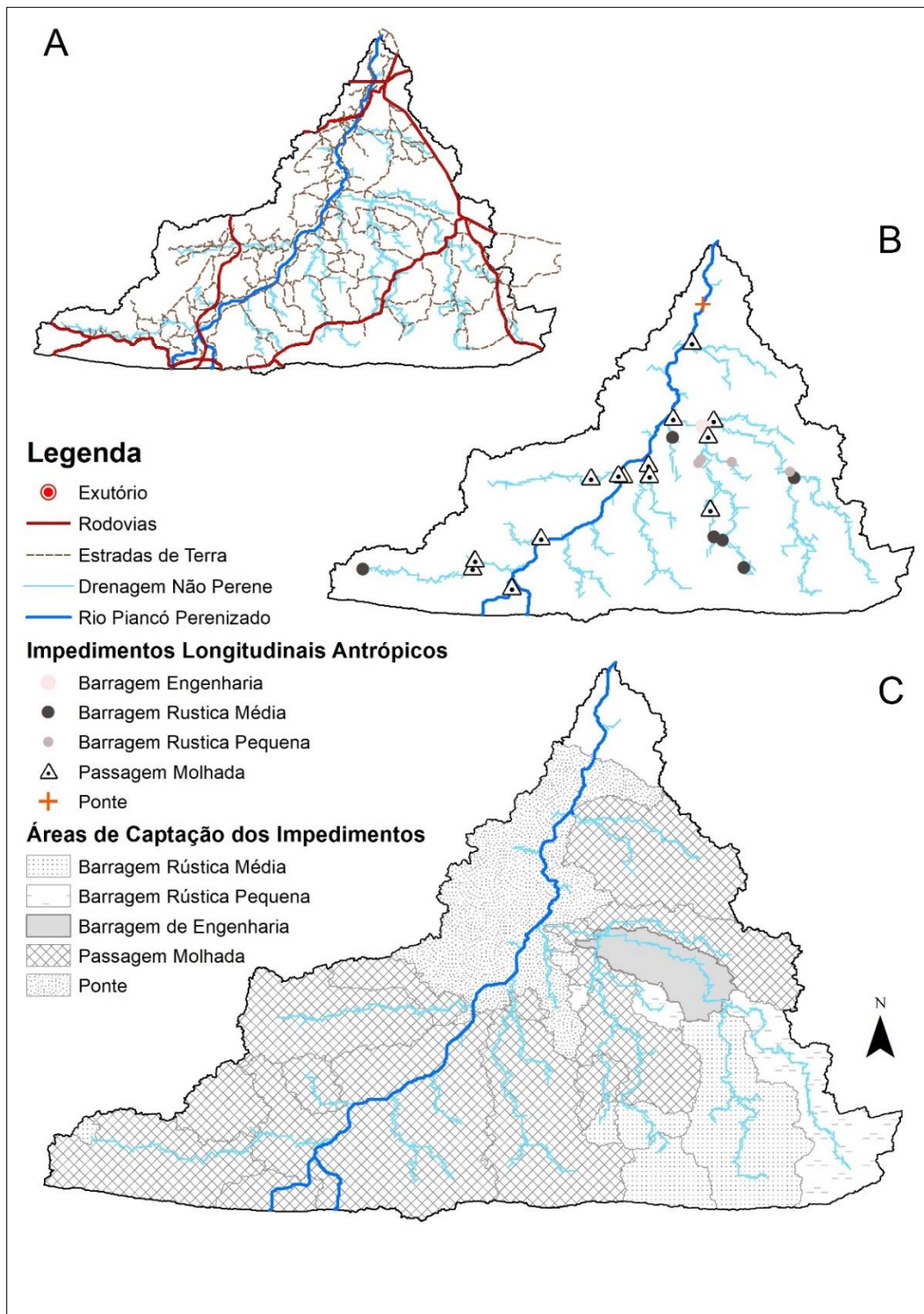


Figura 4 - Mapa dos impedimentos longitudinais antrópicos. A – Estradas rurais e rodovias no interior da bacia; B – Distribuição dos impedimentos antrópicos longitudinais na bacia; C – Áreas de Captação dos elementos antrópicos e suas associações a montante e jusante. Fonte: Elaboração autores, 2023.

Cada tipologia de elemento de interrupção apresenta estágios de transmissão específicos diante de cada um dos três cenários de magnitude. Como pode ser observado, elementos menores (ex. das passagens

molhadas) ou com características específicas (ex. das pontes), permitem a passagem de fluxo dos canais ou não representam grandes restrições ao transporte de água e sedimentos. Comparando com as barragens, essas geram maiores efeitos restritivos, atuando como grandes limitadores da transmissão.

Quadro 3 - Comportamento dos impedimentos antrópicos nos cenários e características verificadas.

Elementos Impedientes	Magnitude Baixa	Magnitude Moderada	Magnitude Alta	NOTAS
<b>PONTES</b>	Parcialmente conectado	Conectado	Conectado	Em eventos de magnitude baixa, as fundações inseridas no canal geram efeitos que impedem de forma pouco expressiva a transmissão. Apresentam potencial para constrição de fluxo em eventos de magnitude moderada e alta, contudo, não geram restrições na transmissão de água ou sedimentos.
<b>PASSAGENS MOLHADAS</b>	Parcialmente conectado	Parcialmente conectado	Conectado	Em eventos de baixa e moderada magnitude pode interferir no transporte de sedimentos de carga de fundo, proporcionando sedimentação a montante e erosão a jusante da estrutura. Nos eventos de magnitude alta seus efeitos são superados pelo fluxo, com mobilização generalizada de sedimentos de carga de fundo, exercendo assim pouca resistência a transmissão, contudo, podendo serem colmatadas.
<b>BARRAGENS RÚSTICAS PEQUENAS</b>	Desconectado	Parcialmente conectado	Conectado	Em eventos de magnitude baixa aprisionam os sedimentos. Nos eventos de magnitude moderada o fluxo pode superar o sangradouro, onde os sedimentos em suspensão são transportados. Nos eventos extremos e de alta magnitude o fluxo pode romper a estrutura fazendo com que os sedimentos aprisionados sejam remobilizados.
<b>BARRAGENS RÚSTICAS MÉDIAS</b>	Desconectado	Desconectado	Parcialmente conectado	Capaz de suportar eventos de baixa e moderada magnitude aprisionando os sedimentos, suspensos ou de fundo. Nos eventos extremos e de alta, o fluxo consegue ultrapassar, mas que somente com a ruptura da estrutura é que os sedimentos poderão ser retrabalhados.
<b>BARRAGENS ENGENHARIA</b>	Desconectado	Desconectado	Desconectado	Suporta eventos de magnitudes variadas, mas que somente o fluxo (com sedimentos em suspensão) consegue ultrapassar as barragens em eventos extremos, mas os sedimentos de carga de fundo continuam retidos. Somente quando rompida é que os sedimentos poderão ser retrabalhados, mas que as chances de ocorrência das rupturas sejam mínimas quando comparadas com as barragens rústicas.

Fonte: Elaboração autores, 2023.

Verifica-se que as pontes apresentam baixa capacidade de interferência na dinâmica de transmissão longitudinal, exercendo efeitos restritivos em evento de magnitude baixa, em que o fluxo do canal não alcançou

cotas mais elevadas como o nível de margens plenas. Com destaque quando a fundação dessas estruturas está inserida no leito do canal, criando uma feição de impedimento (

Figura 3A) que mesmo, pouco expressiva, geram efeitos na dinâmica de transmissão.

As passagens molhadas exercem um impacto mais significativo durante eventos de baixa e moderada magnitude, restringindo o fluxo de sedimentos, especialmente os de carga de fundo, que são notavelmente retidos a montante (Figura 5 A e B). Além disso, essas estruturas também afetam o movimento da água ao diminuir a velocidade do fluxo no canal, potencialmente causando acumulações a montante que podem obstruir o fluxo normal (ver Quadro 3).

No entanto, durante eventos de alta magnitude, a dinâmica fluvial pode superar os efeitos de restrição impostos pelas passagens molhadas. Isso ocorre devido ao considerável volume de água e sedimentos transportados, resultando em sedimentação e erosão generalizada ao longo do trecho do canal. Em alguns casos, essa força pode até levar à ruptura das próprias estruturas, embora esse resultado dependa de diversos fatores, como métodos construtivos e materiais utilizados, além do volume de fluxo.

Analisando as passagens molhadas e suas conjunturas, constatou-se que, quando colmatadas, essas estruturas perdem sua eficácia restritiva em eventos de vão menos expressivos (ex. baixa e média vazão). Ou seja, quando o volume de sedimentos retido preenche a porção a montante, os efeitos impeditivos dessas estruturas tendem a ser atenuados (Figura 5 C e D). Contudo, a simples constatação da colmatagem não permite afirmar tal comportamento, dessa forma, faz-se necessário que cada impedimento seja analisado individualmente.

---

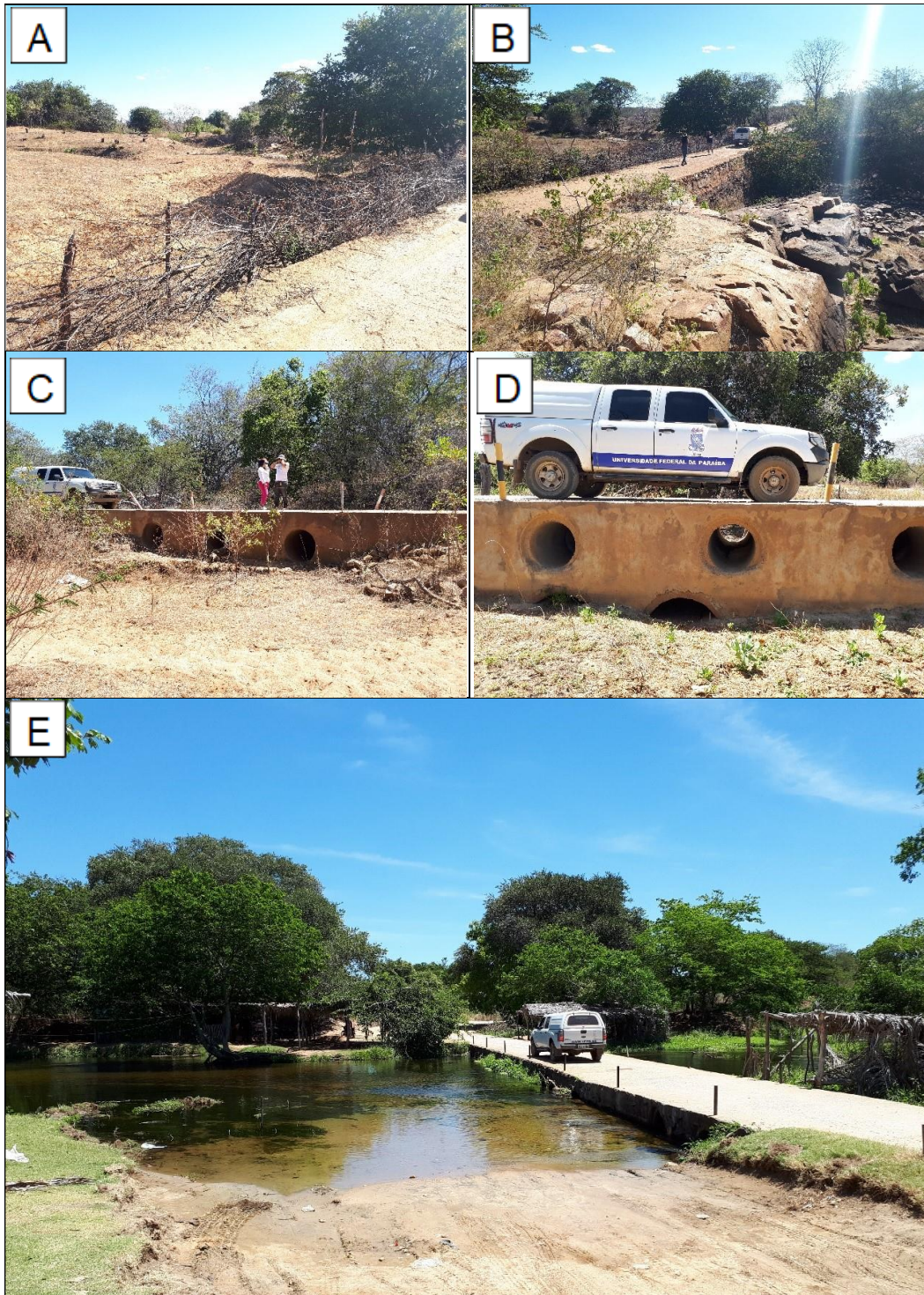


Figura 5 - Passagens molhadas verificada no interior da bacia hidrográfica do baixo curso do Rio Piancó. A-B: Passagem molhada sem galerias, instalada em afloramento rochoso, com sedimentação a montante (A) e erosão a jusante (B). C-D: passagens molhadas, instaladas em aluvião, compostas por galerias no meio de sua estrutura, apresentando retenção de sedimentos na altura das passagens de fluxo. E: Passagem molhada instalada no canal principal do Rio Piancó, apresentando galerias para passagem de fluxo intermediários, apresentando retenção de sedimentos a montante (esquerda) e erosão a jusante (direita). Fonte: Acervo dos autores, 2018.

As características estruturais e construtivas das passagens molhadas apresentam peculiaridades. A presença de galerias (Figura 5D e E), no corpo da estrutura, permitem a passagem de fluxo em vazões menos

significativas. Diferentemente quando não apresentam esses espaços, geram maiores efeitos restritivos (Figura 5A e B) que só podem ser superados em vazões mais expressivas, ou quando colmatadas. Essas características apresentam potencial de atenuar ou agravar os efeitos indesejados dessas estruturas (ex. retenção de sedimentos a montante e processos erosivos a jusante).

De certo modo, as passagens molhadas apresentam efeitos mais semelhantes as barragens do que as pontes, visto o potencial de retenção de sedimentos, alterações na dinâmica local do sistema fluvial, bem como o potencial de gerar alterações no nível de base local (Figura 5 A, B e E).

Quanto às barragens (rústicas ou de engenharia), essas são reconhecidamente estruturas que desempenham variados efeitos sobre o sistema fluvial, para tanto, registra-se aqui um comportamento comum dessa tipologia por se apresentarem como armadilhas de sedimentos (BRIERLEY; FRYIRS; JAIN, 2006; GRAF, 2006; FRYIRS et al., 2007b; COELHO, 2008; CORRÊA, 2012; CAVALCANTE; CUNHA, 2014), especialmente os sedimentos de carga de fundo (FRYIRS et al., 2007a; SOUZA; CORRÊA; BRIERLEY, 2016).

Barragens rústicas, pequenas ou médias, compartilham materiais e diferem principalmente nos processos construtivos e no volume de água armazenado, afetando as áreas das bacias de drenagem. As pequenas estão ligadas a cursos de água menores e, mesmo liberando fluxo, com possibilidade para transferir sedimentos em suspensão e materiais dissolvidos. As médias atendem a bacias maiores e têm estruturas reforçadas. Barragens de engenharia, com aportes tecnológicos mais robustos (ver

Figura 3E), captam água de grandes áreas da bacia hidrográfica, liberando grandes volumes de água somente quando o acumulado supera a capacidade do vertedouro, e estão integradas a sistemas de abastecimento humano, influenciando o volume represado.

Assim, compreende-se que as barragens possuem alta capacidade de desconexão do sistema fluvial, servindo, por vezes, como “divisores da paisagem”, por romperem a transmissão de sedimentos de fundo e restringem substancialmente a transmissão de água no interior da bacia. Por fim, a ACE foi delimitada para cada magnitude e os estágios de transmissão, considerando as áreas de captação até a conexão com o exutório de referência escolhido. As áreas foram sintetizadas (ver Quadro 4) relacionando as magnitudes e os estágios de transmissão, sendo computado as áreas (km<sup>2</sup>) por cada estágio, tendo por base a área total da bacia hidrográfica, em cada cenário de magnitude.

A respeito dos cenários de magnitude e seus respectivos estágios (Quadro 4), observa-se a predominância do estágio parcialmente conectado em cenários de magnitude moderada e baixa, com

transmissão de água e sedimentos ocorrendo, mesmo sob efeitos das estruturas, especialmente nos sedimentos de carga de fundo.

No cenário de magnitude alta, o fluxo tem potencial para subverter os feitos restritivos dos elementos de interrupção menores (ex. as passagens molhadas, pontes e barragens rústicas). O que pode ser constatado nos estágios de transmissão, em que 70% da bacia apresenta status conectado, com apenas 3% da bacia, associada aos efeitos restritivos da barragem de engenharia, com status desconectada (Quadro 4; Figura 6E).

Analisando os cenários de magnitude, é perceptível a migração gradual partindo de seções parcialmente conectadas para conectadas e áreas desconectadas para conectadas, ocorrendo dessa forma uma perda de potencial de impedimento das estruturas antrópicas, como barragens rústicas pequenas e médias, já que passagens molhadas e pontes partem de parcialmente conectadas e conectadas.

Quadro 4 - Síntese das áreas enquadradas nos estágios de transmissão ponderados pelos cenários de magnitude dos eventos de fluxo fluvial.

<b>ESTÁGIOS</b>	<b>DESCONECTADO</b>	<b>PARCIALMENTE CONECTADO</b>	<b>CONECTADO</b>
<b>MAGNITUDES</b>			
<b>Alta Magnitude</b>	24,92 km <sup>2</sup>	202,96 km <sup>2</sup>	540,78km <sup>2</sup>
<b>Média Magnitude</b>	116,07 km <sup>2</sup>	517,12 km <sup>2</sup>	135,47 km <sup>2</sup>
<b>Baixa Magnitude</b>	170,11 km <sup>2</sup>	463,08 km <sup>2</sup>	135,47 km <sup>2</sup>

Fonte: Elaboração autores, 2023.

Como aludido, observa-se um aumento da área de captação e uma transferência gradual das áreas parcialmente conectadas para conectadas, ao passo que os cenários evoluem de magnitude baixa para magnitude moderada (Figura 6A e C). Mudando consideravelmente no cenário de magnitude alta, com as pequenas estruturas (pontes passagens molhadas) perdendo seus efeitos de impedimento, e as barragens rústica liberando fluxo, predominando assim o estágio conectado (Figura 6E).

Nota-se que alguns trechos continuam desconectados, desligando as áreas de captação a montante, influenciando consequentemente na delimitação da área de captação efetiva, o que é justificado pela barragem de engenharia que retem massivamente água e sedimentos mobilizados a montante daquele ponto.

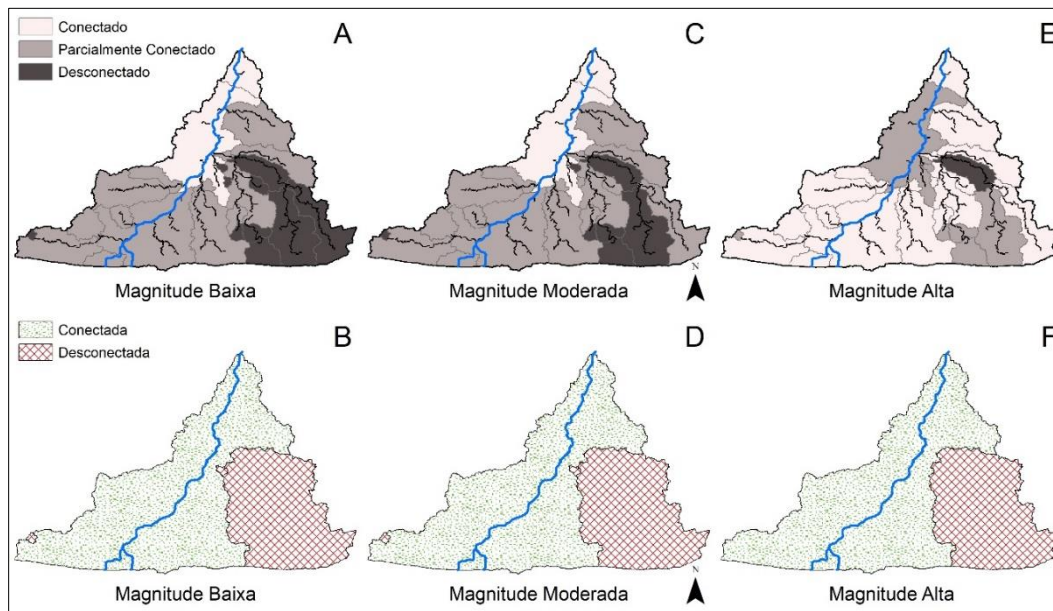


Figura 6 - A, C e E - Estágio de transmissão entre áreas de captação dos elementos de interrupção; B, D e F – Área de Captação Efetiva da bacia hidrográfica em cada estágio de magnitude. Fonte: Elaboração autores, 2023.

A predominância da capacidade de transmissão reconhecida, especialmente nos cenários de magnitude moderada e alta, precisam ser compreendida com ponderação, visto não significa que existindo transmissão o material transportado sairá de um ponto da bacia e será entregue no exutório de referência, pois como já foi destacado por Fryirs et al. (2007a) e Fryirs et al. (2007b), são diversos os fatores de desconexão no interior do sistema fluvial, entretanto, do ponto de vista dos efeitos dos elementos antrópicos longitudinais a passagem de fluxo torna transmissão de água e sedimentos potencialmente possível.

Os estágios de transmissão nos cenários de magnitude moderada e alta precisam ser analisados e compreendidos. Reconhece-se, portanto, o potencial de transmissão potencial assumido nesses estágios, contudo, o tempo de permanência e fatores para transporte sedimentos podem variar mormente (FRYIRS et al., 2007b, 2007a; SOUZA; CORRÊA; BRIERLEY, 2016). Dessa forma, entende-se, que os efeitos dos elementos de interrupção perdem sua eficácia, mas não significa que a transmissão de sedimentos ficará livre e desimpedida.

Partindo do comportamento dos impedimentos frente aos cenários de magnitude, conseqüentemente os estágios de transmissão, foi possível traçar a área de captação efetiva da bacia (Figura 5B, D e F), com áreas que vão contribuir ao exutório, permitindo identificar as áreas desconectadas que apresentam pouco potencial de transmissão para o restante do sistema. Nota-se, portanto, que, mesmo com seções enquadradas como conectadas e parcialmente conectadas no interior da área desconectada, esses trechos permanecerão desconectados do restante das seções em virtude da presença de impedimento desconectante, como é o caso

da barragem de engenharia próximo ao centro da bacia hidrográfica. Por seguinte, outros elementos como barragens médias contribuem para o potencial de restrição da capacidade de transmissão.

A ACE para a BHBXP foi então mensurada (Quadro 5), para as três magnitudes de fluxo, sendo consideradas conectadas, as áreas de captação que apresentavam estágios de transmissão “conectado” e “parcialmente conectado”, que não apresentassem seções em estágio “desconectado” a jusante. Em relação as áreas com presença de elementos desconectantes verificados, essas seções foram então enquadradas como trechos desconectado. Assim, para os cenários de magnitude baixa e moderada foi identificada a área de aproximadamente 520,65 km<sup>2</sup>, já para o cenário de magnitude alta observa-se um aumento para 523,83 km<sup>2</sup>, tendo em vista a conversão de barragens rústicas médias para parcialmente conectado.

Quadro 5 - Síntese das áreas de captação efetiva da bacia hidrográfica do Rio Piancó para cada cenário de magnitude dos eventos de fluxo.

MAGNITUDES	ÁREA DE CAPTAÇÃO EFETIVA (ACE)	
	Conectada	Desconectada
<b>Alta Magnitude</b>	523,83 km <sup>2</sup>	244,85 km <sup>2</sup>
<b>Média Magnitude</b>	520,65 km <sup>2</sup>	248,02 km <sup>2</sup>
<b>Baixa Magnitude</b>	520,65 km <sup>2</sup>	248,02 km <sup>2</sup>

Fonte: Elaboração autores, 2023.

Com os resultados obtidos, desenvolveu-se um modelo conceitual para a conectividade da paisagem em sistemas fluviais na perspectiva longitudinal (Figura 7), focando nas magnitudes de fluxo e nos efeitos de impedimentos antrópicos. O modelo leva em conta as barragens e passagens molhadas, suas diferenças e semelhanças na dinâmica fluvial, causando sedimentação a montante e erosão a jusante, além de alterar o nível de base local. Inicialmente, o modelo foca em canais não-perenes, destacando que a perenização altera a dinâmica fluvial, exemplificado pelo rio Piancó em seu baixo curso.

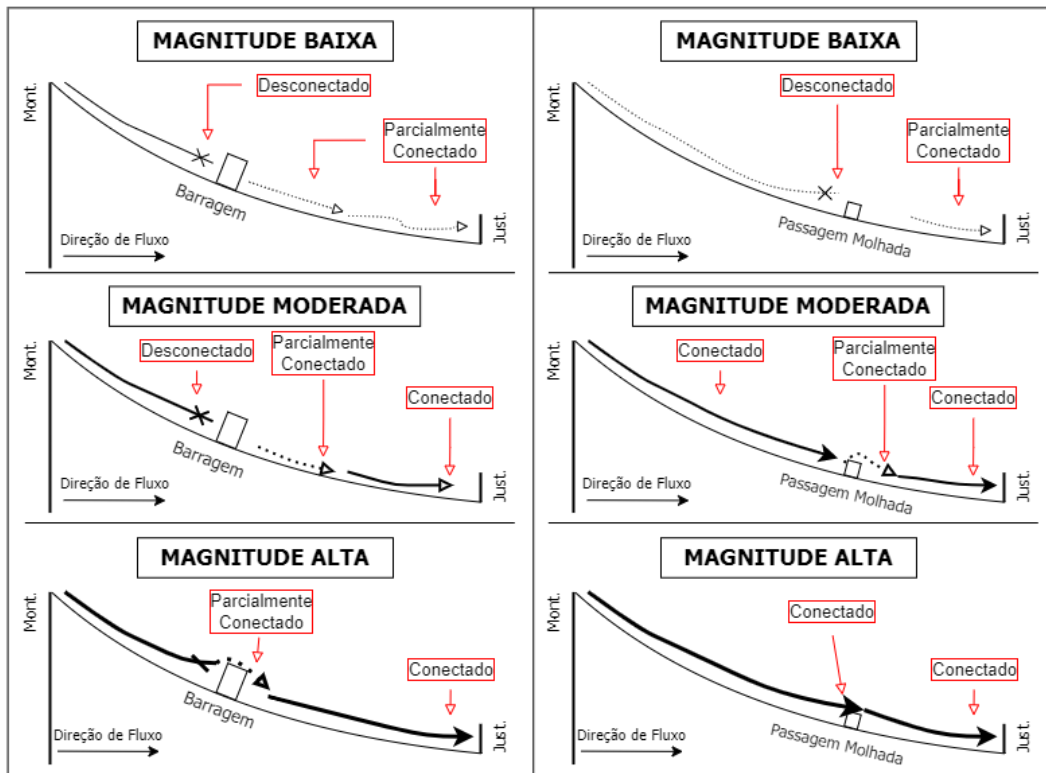


Figura 7 - Modelo da conectividade longitudinal para elementos impeditores para barragens e passagens molhadas e o comportamento dessas estruturas com cenários de fluxo no canal fluvial. Fonte: Elaboração autores, 2023.

Em eventos de baixa magnitude, estruturas podem interromper o fluxo de água e sedimentos, com potencial para conexões parciais imediatas a jusante de água. Em eventos de magnitude moderada, mudanças são notadas, com barragens ainda restringindo a transmissão, enquanto estruturas menores (passagens molhadas) começam a permitir a passagem de água e sedimentos, melhorando a conexão fluvial a jusante. Para eventos de alta magnitude, barragens liberam água, embora a passagem de sedimentos de carga de fundo continua limitada, mas estruturas menores têm seu impacto reduzido devido ao volume de água, favorecendo erosão e deposição de sedimentos.

Faz-se uma ressalva quanto a liberação de fluxo pelas barragens, para isso ocorrer o volume represado deve ser superior ao limite de armazenamento. É oportuno destacar a necessidade de compreensão da dinâmica fluvial após a ocorrência dos cenários de magnitude, em especial os de magnitude moderada e alta, quais feições e como estruturas grandes (barragens) e pequenas (passagens molhadas e pontes) vão apresentar nessas conjunturas.

Outrossim, são os efeitos potenciais que esses elementos, especialmente as barragens, possuem de interferir no tempo de armazenamento dos sedimentos (KUO; BRIERLEY, 2013), tanto a montante quanto a jusante (SOUZA; CORRÊA; BRIERLEY, 2016), podendo esses efeitos serem aplicados por extensão às passagens

molhadas (CAVALCANTE et al., 2014; CASTELO BRANCO et al., 2023), alterando potencialmente o balaço de sedimentos no que tange a processos erosivos e deposicionais. Contudo, esses processos também ficam potencialmente comprometidos devido ao excesso desordenado de barragens interferindo na transmissão de água e sedimentos. Ou seja, além romper ou dificultar (como no caso das passagens molhadas) a transmissão dos sedimentos, também alteram a energia de fluxo de água, tanto potencializando, como sufocando eventos de fluxo (COELHO, 2008). O que é corroborado pelas análises de Rodrigues et al. (2023) ao aplicarem a classificação dos Estilos Fluviais, desenvolvida por Brierley e Fryirs (2005), em uma bacia hidrográfica semiárida, onde observaram o impacto da barragem na sensibilidade do canal fluvial em estilo fluvial a jusante da estrutura. Apesar de esse trecho fluvial estar predisposto a receber uma quantidade considerável de energia de fluxo e sedimentos, enfrentava os efeitos restritivos causados pelo impedimento.

Estudos específicos dos efeitos morfológicos das passagens molhadas, embora incipientes, oferecem contribuições relevantes que se alinham com descobertas anteriores sobre a transmissão. Cavalcante et al. (2014) destacam a preocupação com o encadeamento desordenado das passagens molhadas no desenvolvimento da morfologia dos canais fluviais e de suas margens, resultando em processos erosivos e alterações que apresentam potencial para gerar modificações para além do âmbito local.

Trabalhos que tratam dos efeitos de pequenas estruturas, especificamente barragens de verificação (*check dams*), a exemplo dos trabalhos de Castillo et al. (2007), Boix-Fayos et al. (2008), Abbasi et al. (2019) e Lucas-Borja et al. (2019), reconheceram efeitos (positivos e adversos) que guardam semelhanças com as passagens molhadas, a exemplo de alteração no balanço de sedimentos, retenção de sedimentos e preenchimento da porção a montante, com progressiva passagem de sedimentos, além do entalhamento do canal fluvial a jusante somado a redução da oferta de sedimentos. Contudo, essas estruturas possuem finalidade social diferentes por objetivarem controle de processos erosivos, controles de enchentes e carreamento de detritos.

Essas características das pequenas estruturas favorecem futuros trabalhos, a exemplo do estoque de sedimentos retido a montante e o balanço de sedimentos das ACE, bem como efeitos restritivos e impeditivos gerados pelas estruturas, com potencial para investigação dos processos de ajuste e oferta de sedimentos através de monitoração.

## V. CONCLUSÕES

Ao longo do trabalho, o exame dos elementos de interrupção os efeitos percebidos envolvem retenção de sedimentos a montante e entalhamento do canal a jusante das estruturas. Observou-se predominância de estágios conectados ou parcialmente conectados, com redução das áreas desconectadas à medida que se aumenta a magnitude do fluxo, embora a presença de uma grande barragem mantenha porção significativa da bacia hidrográfica do baixo curso do rio Piancó em estágio desconectado.

O desenvolvimento de modelo conceitual permite explorar o comportamento em investigações futuras, de modo que seja possível reconhecer como cada elemento das tipologias abordada e os canais fluviais vão se comportar. Destaca-se a necessidade de incluir análises de conectividade da paisagem em pesquisas geomorfológicas iniciais para evitar avaliações imprecisas da dinâmica fluvial. A aplicação de cenários conceituais e a delimitação efetiva de áreas de captação ajudam a compreender as interações entre a dinâmica fluvial e as intervenções humanas. Recomenda-se que futuras pesquisas considerem a distribuição espacial das pequenas estruturas tanto a montante quanto a jusante, avaliando seus efeitos desde o início das análises preliminares.

### Agradecimentos

O estudo foi financiado em parte pela Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba (FAPESQ) – Termo No. 2070/2023 e Universidade Federal da Paraíba – UFPB. Agradecemos a prefeitura municipal de São José da Lagoa Tapada pelo apoio prestado às atividades de campo.

## VI. REFERÊNCIAS

ABATTI, B. H. et al. Relevance of Field Data in the Assessment of Structural and Functional Sediment Connectivity in a Small Catchment of Southern Brazilian Plateau. *Earth Surface Processes and Landforms*, v. 48, n. 3, p. 631–646, 15 mar. 2023.

ABBASI, N. A. et al. The Use of Check Dams in Watershed Management Projects: Examples from around the World. *Science of The Total Environment*, v. 676, p. 683–691, ago. 2019.

ARAÚJO, E. D. S. Classificação por unidade de paisagem e estudo da variação da vegetação em um complexo de serras no interior da Paraíba utilizando sensoriamento remoto. 2018. Universidade Federal da Paraíba - UFPB, João Pessoa, 2018.

BOIX-FAYOS, C. et al. The Impact of Land Use Change and Check-Dams on Catchment Sediment Yield. *Hydrological Processes*, v. 22, n. 25, p. 4922–4935, 15 dez. 2008.

BORSELLI, L.; CASSI, P.; TORRI, D. Prolegomena to Sediment and Flow Connectivity in the Landscape: A GIS and

Field Numerical Assessment. CATENA, v. 75, n. 3, p. 268–277, nov. 2008.

BRACKEN, L. J. et al. Sediment Connectivity: A Framework for Understanding Sediment Transfer at Multiple Scales: SEDIMENT CONNECTIVITY: SEDIMENT TRANSFER AT MULTIPLE SCALES. Earth Surface Processes and Landforms, v. 40, n. 2, p. 177–188, fev. 2015.

BRACKEN, L. J.; CROKE, J. The Concept of Hydrological Connectivity and Its Contribution to Understanding Runoff-Dominated Geomorphic Systems. Hydrological Processes, v. 21, n. 13, p. 1749–1763, 30 jun. 2007.

BRIERLEY, G.; FRYIRS, K.; JAIN, V. Landscape Connectivity: The Geographic Basis of Geomorphic Applications. Area, v. 38, n. 2, p. 165–174, jun. 2006.

BRIERLEY, G. J.; FRYIRS, K. A. Geomorphology and River Management: Applications of the River Styles Framework. 1ª ed. Oxford: Blackwell Publications, 2005.

BULL, L. J. et al. The Impact of Rainstorms on Floods in Ephemeral Channels in Southeast Spain. CATENA, v. 38, n. 3, p. 191–209, jan. 2000.

BULL, L. J.; KIRKBY, M. J. (ed.). Dryland Rivers: Hydrology and Geomorphology of Semi-arid Channels. 1. ed. Chichester, England: John Wiley & Sons Ltd, 2002a.

BULL, L. J.; KIRKBY, M. J. Dryland River Characteristics and Concepts. Em: Dryland Rivers: Hydrology and Geomorphology of Semi-arid Channels. 1. ed. Chichester, England: John Wiley & Sons Ltd, 2002b.

BUSCH, M. H. et al. What's in a Name? Patterns, Trends, and Suggestions for Defining Non-Perennial Rivers and Streams. Water, v. 12, n. 7, p. 1980, 13 jul. 2020.

CASTELO BRANCO, A. O. T. Interferência longitudinal de pequenas estruturas na conectividade sedimentológica fluvial: Bacia Hidrográfica do Baixo Curso do Rio Piancó - Semiárido Paraibano. 2020. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020.

CASTELO BRANCO, A. O. T. et al. Longitudinal Interference of Small Structures in the River's Hydrological and Sedimentological Connectivity in a Brazilian Semiarid Basin. CATENA, v. 232, p. 107441, nov. 2023.

CASTILLO, 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, n. 3, p. 416–427, ago. 2007.

CAVALCANTE, A. A. et al. Estudo das passagens molhadas à jusante da barragem do Castanhão-CE e possíveis alterações na dinâmica fluvial. REVISTA GEONORTE, 1. v. 10, n. Edição Especial 4, p. 291–297, 2014.

CAVALCANTE, A. A.; CUNHA, S. B. Morfodinâmica fluvial em áreas semiáridas: discutindo o vale do rio Jaguaribe-CE-Brasil. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 13, n. 1, p. 39–49, 2014.

CAVALLI, M. et al. Geomorphometric Assessment of Spatial Sediment Connectivity in Small Alpine Catchments. Geomorphology, v. 188, p. 31–41, abr. 2013.

COELHO, A. L. N. Geomorfologia fluvial de rios impactados por barragens. Caminhos de Geografia, v. 9, n. 26, p. 16–32, 2008.

CORRÊA, A. C. de B. et al. Megageomorfologia e morfoestrutura do Planalto da Borborema. Revista do Instituto Geológico, v. 31, n. 1–2, p. 35–52, 2010.

CORRÊA, A. C. de B. ANTROPOGÊNESE E MORFOGÊNESE SOB A AÇÃO DE EVENTOS CLIMÁTICOS DE ALTA MAGNITUDE NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO: O CASO DA BACIA DO RIACHO SALGADO. Revista Brasileira de

Geomorfologia, 30 jan. 2012. Disponível em: <<https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/256>>. Acesso em: 9 fev. 2023.

DANTAS, J. C.; DA SILVA, R. M.; SANTOS, C. A. G. Drought Impacts, Social Organization, and Public Policies in Northeastern Brazil: A Case Study of the Upper Paraíba River Basin. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 192, n. 5, p. 317, maio 2020.

DUARTE, N. S.; MARÇAL, M. dos S. CONECTIVIDADE DA PAISAGEM NA BACIA DO RIO SANA (RJ): RELAÇÃO ENTRE ÁREAS DE CAPTAÇÃO EFETIVA E TIPOS DE BLOQUEIOS. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 18, n. 4, 1 out. 2017. Disponível em: <<https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1211>>. Acesso em: 16 set. 2022.

FRANCO, V. V.; SOUZA, J. O. P. D. Conectividade de sedimentos na Bacia Hidrográfica Riacho do Tigre, ambiente semiárido no município de São João do Tigre-PB. *GEOUSP Espaço e Tempo (Online)*, v. 23, n. 3, p. 697–711, 7 out. 2019.

FRYIRS, K. A. et al. Catchment-Scale (Dis)Connectivity in Sediment Flux in the Upper Hunter Catchment, New South Wales, Australia. *Geomorphology*, v. 84, n. 3–4, p. 297–316, fev. 2007a.

FRYIRS, K. A. et al. Buffers, Barriers and Blankets: The (Dis)Connectivity of Catchment-Scale Sediment Cascades. *CATENA*, v. 70, n. 1, p. 49–67, jun. 2007b.

FRYIRS, K. A. (Dis)Connectivity in Catchment Sediment Cascades: A Fresh Look at the Sediment Delivery Problem: (DIS)CONNECTIVITY IN CATCHMENT SEDIMENT CASCADES. *Earth Surface Processes and Landforms*, v. 38, n. 1, p. 30–46, jan. 2013.

GRAF, W. L. *Fluvial Processes in Dryland Rivers*. 1. ed. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1988.

GRAF, W. L. Downstream Hydrologic and Geomorphic Effects of Large Dams on American Rivers. *Geomorphology*, 37th Binghamton Geomorphology Symposium. v. 79, n. 3, p. 336–360, 30 set. 2006.

HARVEY, A. M. Coupling between Hillslopes and Channels in Upland Fluvial Systems: Implications for Landscape Sensitivity, Illustrated from the Howgill Fells, Northwest England. *CATENA*, v. 42, n. 2–4, p. 225–250, jan. 2001.

HARVEY, A. M. Effective Timescales of Coupling within Fluvial Systems. *Geomorphology*, v. 44, n. 3–4, p. 175–201, maio 2002.

HARVEY, A. M. The Coupling Status of Alluvial Fans and Debris Cones: A Review and Synthesis: COUPLING STATUS OF ALLUVIAL FANS AND DEBRIS CONES. *Earth Surface Processes and Landforms*, v. 37, n. 1, p. 64–76, jan. 2012.

HECKMANN, T. et al. Indices of Sediment Connectivity: Opportunities, Challenges and Limitations. *Earth-Science Reviews*, v. 187, p. 77–108, dez. 2018.

HOOKE, J. Coarse Sediment Connectivity in River Channel Systems: A Conceptual Framework and Methodology. *Geomorphology*, v. 56, n. 1–2, p. 79–94, nov. 2003.

HOOKE, J. Flood Impacts on Vegetation and Hydraulics in Ephemeral Channels and Dynamics of Recovery. *Journal of Ecohydraulics*, p. 1–16, 23 mar. 2023.

HOOKE, J. M. Morphological Impacts of Flow Events of Varying Magnitude on Ephemeral Channels in a Semiarid Region. *Geomorphology*, v. 252, p. 128–143, jan. 2016.

HOOKE, J. M. Extreme Sediment Fluxes in a Dryland Flash Flood. *Scientific Reports*, v. 9, n. 1, p. 1686, 8 fev. 2019.

- HOOKE, J.; SOUZA, J. O. P.; MARCHAMALO, M. Evaluation of Connectivity Indices Applied to a Mediterranean Agricultural Catchment. *CATENA*, v. 207, p. 105713, dez. 2021.
- KUO, C.-W.; BRIERLEY, G. J. The Influence of Landscape Configuration upon Patterns of Sediment Storage in a Highly Connected River System. *Geomorphology*, v. 180–181, p. 255–266, jan. 2013.
- LIMA, G. G. de; MARÇAL, M. dos S.; CORRÊA, A. C. de B. Conectividade fluvial no Planalto Sedimentar do Araripe, semiárido brasileiro. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 22, n. 3, 27 jun. 2021. Disponível em: <<https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1935>>. Acesso em: 19 set. 2022.
- LUCAS-BORJA, M. E. et al. The Use of Check Dams for Soil Restoration at Watershed Level: A Century of History and Perspectives. *Science of The Total Environment*, v. 692, p. 37–38, 20 nov. 2019.
- MEDEIROS, V. C. (ed.). *Geologia e Recursos Minerais da Folha Souza SB.24-X-A. Escala 1:250.000. Estados da Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará*. Recife: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2008.
- MESSAGER, M. L. et al. Global Prevalence of Non-Perennial Rivers and Streams. *Nature*, v. 594, n. 7863, p. 391–397, jun. 2021.
- RODRIGUES, J. M. et al. Geomorphic changes in river styles in a typical catchment of the Brazilian semiarid region. *CATENA*, v. 232, p. 107423, 2023.
- SANDERCOCK, P. J.; HOOKE, J. M. Vegetation Effects on Sediment Connectivity and Processes in an Ephemeral Channel in SE Spain. *Journal of Arid Environments*, v. 75, n. 3, p. 239–254, mar. 2011.
- SCORDO, F. et al. Human Impact Changes Hydrological Connectivity in a Patagonian Fluvial Basin. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, v. 45, p. 101315, fev. 2023.
- SOUZA, J. O. P. de; ALMEIDA, J. D. M. Processos fluviais em terras secas: uma revisão. *Revista OKARA: Geografia em debate*, v. 9, n. 1, p. 108–122, 2015.
- SOUZA, J. O. P. de; CORREA, A. C. B. Conectividade e área de captação efetiva de um sistema fluvial semiárido: bacia do riacho Mulungu, Belém de São Francisco-PE / Connectivity and effective catchment area of a semiarid fluvial system: Mulungu stream catchment, Belém de São Francisco-PE. *Sociedade & Natureza*, v. 24, n. 2, 9 out. 2012. Disponível em: <<https://seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/14468>>. Acesso em: 9 jun. 2023.
- SOUZA, J. O. P.; BRANCO, A. O. T. C. Impedimentos de transmissão no sistema fluvial e a conectividade da paisagem. *Revista da ANPEGE*, v. 16, n. 31, p. 59–73, 2020.
- SOUZA, J. O. P.; CORRÊA, A. C. de 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, mar. 2016.
- VIEIRA, V. Desafios da Gestão Integrada de Recursos Hídricos no Semi-árido. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 8, n. 2, p. 7–17, 1 jun. 2003.
- WOHL, E. Connectivity in Rivers. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, v. 41, n. 3, p. 345–362, jun. 2017.
- WOHL, E.; SCAMARDO, J. E. The Resilience of Logjams to Floods. *Hydrological Processes*, v. 35, n. 1, jan. 2021. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/hyp.13970>>. Acesso em: 16 jan. 2023.
- ZANANDREA, F. et al. CONECTIVIDADE DOS SEDIMENTOS: CONCEITOS, PRINCÍPIOS E APLICAÇÕES. *Revista*

Brasileira de Geomorfologia, v. 21, n. 2, 1 abr. 2020. Disponível em:  
<<https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1754>>. Acesso em: 16 set. 2022.

ZANANDREA, F.; MICHEL, G. P.; KOBAYAMA, M. Impedance Influence on the Index of Sediment Connectivity in a Forested Mountainous Catchment. *Geomorphology*, v. 351, p. 106962, fev. 2020.

---