



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**ANÁLISE DA CONECTIVIDADE DA PAISAGEM NO BAIXO  
CURSO DO RIO PIANCÓ – POMBAL – SEMIÁRIDO  
PARAIBANO.**

**ANDRÉ OLIVEIRA TRIGUEIRO CASTELO BRANCO**

**João Pessoa  
2017**

**ANDRÉ OLIVEIRA TRIGUEIRO CASTELO BRANCO**

**ANÁLISE DA CONECTIVIDADE DA PAISAGEM NO BAIXO CURSO DO RIO  
PIANCÓ – POMBAL – SEMIÁRIDO PARAIBANO.**

Trabalho de conclusão de curso, do curso de graduação em Geografia, para adquirir o grau de Bacharel em Geografia pela Universidade Federal da Paraíba.

**Orientador:** Prof. Dr. Jonas Otaviano Praça de Souza.

**JOÃO PESSOA  
2017**

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

C349a Castelo Branco, André Oliveira Trigueiro.

Análise da conectividade da paisagem no baixo curso do Rio Piancó-Pombal : semiárido paraibano / André Oliveira Trigueiro Castelo Branco. - João Pessoa, 2017.  
92 f. : il.

Orientação: Jonas Otaviano Praça de Souza.  
Monografia (Graduação) - UFPB/CCEN.

1. Conectividade da paisagem - Rio Piancó - Pombal-PB.  
2. Escassez de recursos hídricos. 3. Bacia hidrográfica - Impedimentos longitudinais. 4. Rio Piancó - Coremas - Pombal [Paraíba]. I. Souza, Jonas Otaviano Praça de.  
II. Título.

UFPB/BC



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA  
COORDENAÇÃO DOS CURSOS DE GEOGRAFIA

PARECER DO TCC

Tendo em vista que o aluno (a) André Oliveira Trigueiro Castelo Branco  
() cumpriu ( ) não cumpriu os itens da avaliação do TCC previstos no artigo 25º da  
Resolução CCG/CCEN/UFPB N. 01/2016 somos de parecer () favorável ( )  
desfavorável à aprovação do TCC intitulado: Análise da Conectividade  
da paisagem no baixo curso do rio Piancó - Pontal -  
Semiárido paraibano.

Nota final obtida: 9,5

João Pessoa, 09 de novembro de 2017

BANCA EXAMINADORA:

Jonas Souza  
Prof. Dr. Jonas Otaviano Praça de Souza  
Departamento de Geociências  
Professor Orientador

Vinicius Ferreira de Lima  
Prof. Me. Vinicius Ferreira da Lima  
Departamento de Geociências  
Membro Interno

Évio Marcos de Lima  
Prof. Me. Évio Marcos de Lima  
Departamento de Geografia da UFPE  
Membro Externo

Dedico este trabalho a Marcos e Fátima, meus eternos ídolos, exemplos de pais, amigos, profissionais e cidadãos.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que guiou meu caminhar, em todos os momentos, que quando as situações difíceis era a quem eu primeiramente me apegava buscando um sopro de conforto e sabedoria.

Agradeço de pronto a toda minha família, que souberam entender meus momentos de ausência. Agradeço especialmente aos meus pais, Marcos e Fátima, pedras fundamentais em minha caminhada a quem devo meu amor e respeito, pois as lutas diárias que eles tiveram, proporcionaram a minha chegada até aqui, espero honra-los sempre e seguir seus princípios e ensinamentos.

Agradeço a Wylliane Ladislau por toda a parceria, por ter sido companheira em todas as horas, que soube entender os momentos que precisei me ausentar para elaboração deste trabalho, que me ajudou em momentos mais apreensivos, um porto seguro de apoio e encorajamento, a ela meu amor e carinho.

Agradeço ao Professor Jonas, pela confiança depositada, a ajuda em momentos de ausência de inspiração, pelos apertos que dividimos e pela amizade.

Aos membros do Grupo de Estudos de Ambientes Fluviais do Semiárido-GEAFS por toda a ajuda e apoio nos trabalhos de campo. Em especial a Elânia e Mariá, que dividiram comigo a maioria dos campos e das dificuldades ali encontradas.

Agradeço aos professores do Departamento de Geociências, que foram primorosos no meu aprendizado. Agradeço também a Henrique Gutierres pelas conversas e orientações.

Agradeço a Superintendência de Administração do Meio Ambiente – SUDEMA, seus funcionários, técnicos e estagiários, agradeço aos membros da Coordenadoria de Estudos Ambientais-CEA, em especial a Marina, Vinícius, Kenia e Cleytiane, que foram mais que simples colegas, são amigos com quem dividi debates e dificuldades, que me apoiaram e me encorajaram sempre que pensei em fraquejar, a eles meu respeito e carinho.

Agradeço ao Município de São José da Lagoa Tapada, nas pessoas do atual prefeito, Sr. Coloral e do ex-prefeito Evilásio Formiga, que disponibilizaram alojamento nas atividades de campo e pela atenção. Agradeço também a (dona) Maria, que nos serviu excelentes refeições todas as manhãs.

Agradeço aos membros da banca pelas contribuições e comentários, que corroboram para o meu crescimento acadêmico e profissional.

Agradeço aos meus demais colegas do Curso de Geografia da UFPB, que de alguma forma me ajudaram chegar até aqui.

*A base de toda sustentabilidade é o desenvolvimento humano que deve contemplar um melhor relacionamento do homem com os semelhantes e a natureza.*

Nagib Anderáos Neto



## Resumo

A paisagem semiárida nordestina é vista como ambiente de reduzidas precipitações, altas taxas de evaporação e escassez de recursos hídricos. As atividades humanas acabam que por interferir negativamente na dinâmica geomorfológica. A gestão ambiental e dos recursos hídricos se faz necessária e inevitável para uma melhor capacidade de gerenciamento das intervenções antrópicas e seus impactos na dinâmica natural. Os impactos provocados pelo homem no contexto da transmissão de água e sedimentos são o objeto deste trabalho, amparados pela conectividade da paisagem, que é a capacidade de transmissão de matéria e energia no interior do sistema, que fornece uma análise completa, dentro da perspectiva longitudinal, do sistema fluvial inserido na Bacia Hidrográfica do baixo curso do Rio Piancó nos municípios de Coremas e Pombal. A identificação e classificação dos impedimentos antrópicos se faz necessária para mensurar a área de captação efetiva da bacia hidrográfica, que é a área que realmente vai contribuir para a transmissão de água e sedimentos para os canais principais. A transmissão no interior da bacia foi classificada em desconectado, parcialmente conectado e conectado. A conectividade da paisagem na bacia hidrográfica apresentou-se impactada pelas intervenções antrópicas principalmente no que se refere a transmissão de sedimentos de carga de fundo. As intervenções humanas encontradas no recorte espacial foram pontes, passagens molhadas, barragens rústicas pequenas e médias e barragens de engenharia, os impedimentos longitudinais se comportaram de maneira variada frente a eventos de magnitude baixa, magnitude moderada e magnitude alta. Em eventos de magnitude baixa e moderada a bacia se comportou com capacidade de transmissão parcialmente conectado, com 75% e 67% respectivamente da área da bacia, em eventos de magnitude alta a bacia se apresentou predominantemente conectado, apresentando 85% da área conectado. Algumas áreas da bacia se mantiveram com comportamento desconectado em todos os eventos, devido à presença de barragem de engenharia que se sobressai das demais intervenções. Onde somente em eventos extremos que envolvesse a ruptura da estrutura é que os sedimentos retidos chegariam até os canais principais.

**Palavras-Chave:** Conectividade da Paisagem, rio Piancó, município de Pombal, impedimentos longitudinais, área de captação efetiva.

## **Abstract**

The northeastern semi-arid landscape is seen as an environment of reduced rainfall, high rates of evaporation and scarcity of water resources. Human activities end up by negatively interfering with the geomorphological dynamics. Environmental and water resources management is necessary and inevitable for better management of anthropogenic interventions and their impacts on natural dynamics. The impacts caused by man in the context of the transmission of water and sediments are the object from work, supported by the connectivity of the landscape, which is the transmission capacity of matter and energy within the system, which provides a complete analysis, from the longitudinal perspective, of the fluvial system inserted in the Hydrographic Basin of the low course of the Piancó River in the municipalities of Coremas and Pombal. The identification and classification of anthropic impediments is necessary to measure the effective catchment area of the river basin, which is the area that will actually contribute to the transmission of water and sediments to the main channels. The transmission of the inside of the basin was classified as disconnected, partially connected and connected. The connectivity of the landscape in the river basin was impacted by anthropic interventions, mainly with regard to the transmission of bottom-load sediments. The human interventions found in the spatial clipping were bridges, wet passages, small and medium rustic dams and engineering dams, the longitudinal impediments behaved in a varied way in the face of events of low magnitude, moderate magnitude and high magnitude. In low and moderate magnitude events, the basin was partially connected, with 75% and 67% respectively of the basin area, in events of high magnitude the basin was predominantly connected, presenting 85% of the connected area. Some areas of the basin remained with disconnected behavior in all events, due to the presence of engineering dam that stands out from other interventions. Where only in extreme events involving the rupture of the structure is that the retained sediments would reach the main channels.

**Key-words:** Landscape Connectivity, Piancó River, Pombal Municipality, longitudinal impediments, effective catchment area.

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>16</b>
2.1	Objetivo Geral	16
2.2	Objetivos Específicos	16
<b>3</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>17</b>
3.1	Sistema Ambiental Dinâmico	17
3.2	Geomorfologia do Semiárido	24
3.3	Dinâmica Fluvial do Semiárido	27
3.4	Conectividade da Paisagem	34
3.5	Impedimentos Longitudinais Antrópicos em Ambientes Semiáridos	41
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>46</b>
4.1	Caracterização da Área de Estudo	46
4.2	Metodologia	51
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCURSÕES</b>	<b>54</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>78</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>79</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Passagem molhada com canalizações no meio da estrutura, permitindo a passagem “facilitada” de água e sedimentos. ....	44
Figura 2. Passagem molhada sem canalizações, corroborando para o impedimento da transmissão de sedimentos à jusante. ....	45
Figura 3. Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Baixo Curso do Rio Piancó e os municípios que ela alcança. ....	47
Figura 4. Mapa de altimetria da bacia hidrográfica do Rio Piancó. ....	49
Figura 5. Mapa de declividade da bacia hidrográfica do baixo curso do Rio Piancó. ...	50
Figura 6. Mapa com as estradas rurais percorridas no interior da Bacia Hidrográfica. .	54
Figura 7. A – Ponte de concreto sobre leito rochoso de canal intermitente, com constrição de vale fluvial; B - Barragem rústica com estrutura de blocos encaixadas e terra; C - Passagem molhada de blocos e cimentos em estrada rural; D - Barragem rústica com balde de terra com mantas impermeáveis. ....	55
Figura 8. Mapa com localização e classificação dos impedimentos longitudinais antrópicos no interior da bacia hidrográfica do baixo curso do Rio Piancó. ....	56
Figura 9. A – barragem de concreto sobre leito rochoso; B – barramento de terra em área de cabeceira de drenagem, pouco profundo do leito para a altura do balde; C – barragem de terra profunda com retenção de sedimentos; D – Barragem de terra, com cultivo de frutíferas e pastos após o barramento. Setas vermelhas indicam o sentido da drenagem. Setas brancas tracejadas indicam as barragens. ....	57
Figura 10. A – Barragem rústica média com extensão de 660m aproximadamente, em área próxima de cabeceira, com barragens a montante; B – barragem com água, em área de cabeceira de drenagem, com aproximadamente 230m de extensão; C – barragem média de terra com aproximadamente 323m de comprimento, com uso do leito seco para pecuária e agricultura; D – barragem de terra com aproximadamente 150m de extensão, mas com profundidade superior as demais desta categoria com 15 metro do leito para a barragem. Setas vermelhas indicam o sentido da drenagem. Setas amarelas indicam pessoa servindo como escala. ....	58
Figura 11. A – Face da barragem a montante, apresentando sedimentação no fundo e ponto de captação de sistema adutor; B – perspectiva a jusante da barragem; C – sangradouro da barragem com aproximadamente 100m de extensão. Setas amarelas pontos para noções de escala. Setas vermelhas tracejadas apontam o comprimento do sangradouro. ....	58
Figura 12. A – Perspectiva longitudinal da ponte sobre curso perenizado do rio Piancó, estrutura de concreto e ferro, com fundação diretamente instalada no leito do canal fluvial; B – Visão de área a montante do impedimento. Setas vermelhas indicam o sentido do fluxo. ....	60
Figura 13. A – passagem molhada sobre o rio Aguiar perenizado, com aproximadamente 160m de extensão; B – passagem molhada sobre canal intermitente, com aproximadamente 20m de comprimento. Setas vermelhas indicam o sentido da drenagem. ....	60
Figura 14. A – montante de passagem molhada, com a presença de canalizações em sua estrutura, presença de sedimentos no nível das canalizações; B – Vista de porção a jusante de passagem molhada que contem canalizações, observada a erosão após a estrutura do aparelho. Setas vermelhas indicam sentido do fluxo. Setas amarelas contínuas indicam sedimentação. Setas pontilhadas amarelas indicam erosão. ....	61
Figura 15. A – lateral da passagem molhada de terra, com aproximadamente 1,5m da altura do leito para o topo da lateral, apresentando sedimentação a montante, para a	

transmissão ser atingida o fluxo precisa superar o impedimento; B – Passagem molhada de blocos e cimento, sem canalização, com sedimentação a montante e erosão a jusante, presença de soleira rochosa no canal a jusante, que tende a diminuir o potencial erosivo do fluxo quando superar o impedimento. Setas vermelhas indicam o sentido da drenagem. Setas amarelas pontilhadas indicam largura do canal. ....	61
Figura 16. Mapa com a delimitação das sub-bacias e os impedimentos longitudinais. .	63
Figura 17. A – visão do canal principal com estrutura da ponte presente no leito do canal; B – detalhe da fundação da ponte no leito do rio Piancó; C – visão de área a montante da ponte, apresentando planície de inundação e largura do canal. Setas vermelhas indicam o sentido do fluxo. ....	65
Figura 18. A – Passagem molhada, sem a presença de canalizações com incisão do canal a jusante do barramento; B – Porção a montante da passagem molhada com a presença de sedimentação; C – Visão a jusante da passagem molhada, com erosão do canal, com aproximadamente 2m do leito do canal par a altura do impedimento, presença de soleira rochosa, com rochas “lavadas”. Setas vermelhas significam o sentido da drenagem. A sigla M significa “montante” e a sigla J significa “jusante”. ....	66
Figura 19. A – a jusante de passagem molhada com a presença de sedimentos, atestando a passagem facilitada; B – Passagem molhada a jusante com sedimentação, com granulometria mais finas quando comparados aos sedimentos a montante, presença de canalizações; C – Montante de passagem molhada com canalizações, onde a sedimentação preencheu canalizações próximas ao leito; D – Jusante de passagem molhada alongada com a presença de canalizações em toda estrutura. Setas vermelhas significam sentido da drenagem. ....	67
Figura 20. A - Passagem molhada demonstrando alteração no nível de base e na morfologia do canal, atrelada a processo de sedimentação a montante e erosão a jusante; B – porção a montante da passagem molhada, com sedimentação e atividades antrópicas associadas; C – Jusante da passagem molhada, com erosão e incisão do canal. Setas vermelhas indicam o sentido da drenagem, setas laranjas indicam pessoa servido de escala, setas duplas amarelas pontilhadas delimitam o canal fluvial. ....	68
Figura 21. Passagem molhada sem canalizações, composta de blocos e cimento, com sedimentação ultrapassando o nível da estrutura a montante. ....	69
Figura 22. Passagem molhada no canal perenizado do Rio Piancó, com transmissão de sedimentos de carga de fundo facilitada. ....	70
Figura 23. A – Barragem de terra com retenção de sedimentos; B – barragem se terra, com ocupação do leito seco para pecuária e agricultura, sedimentos retidos no fundo; C – barragem de concreto com sedimentação. Setas vermelhas indicam sentido da drenagem .....	71
Figura 24. Mapa da área de captação efetiva em eventos de magnitude baixa, da BCH do baixo curso do Ria Piancó. ....	73
Figura 25. Figura 26. Mapa da área de captação efetiva em eventos de magnitude moderada, da BCH do baixo curso do Ria Piancó. ....	74
Figura 27. Figura 28. Mapa da área de captação efetiva em eventos de magnitude alta, da BCH do baixo curso do Ria Piancó. ....	75

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Informações aferidas para cada tipologia de impedimentos.....	52
Tabela 2. Comportamento dos impedimentos frente a eventos e suas magnitudes.....	64
Tabela 3. Área de captação efetiva em valor absoluto. ....	76
Tabela 4. Área de captação efetiva em porcentagem de acordo com o total da área da BCH do Rio Piencó. ....	77

## **LISTA DE SIGLAS**

ASTER - Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer

BCH – Bacia Hidrográfica

MDE – Modelo Digital de Elevação

MDT – Modelo Digital de Terreno

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SRTM – Shuttle Radar Topography Mission

SWAT – Soil & Water Assessment Tool

TGS – Teoria Geral dos Sistemas

# 1 INTRODUÇÃO

Quando se fala de regiões semiáridas, em específico a zona semiárida situada no Nordeste brasileiro, são associados conceitos como irregularidade pluviométrica, secas severas, baixa disponibilidade hídrica, entre outras definições atreladas.

Desta forma, a manutenção e permanência de determinados corpos hídricos bem como cursos de rios, apresentam regimes intermitentes e efêmeros. Desta forma nas regiões áridas e semiáridas, a temática da gestão hídrica, se torna cada vez mais imperativa, necessária e estratégica, devido ao número reduzidos de reservas naturais de água e, acima de tudo, a irregularidade, no tempo e espaço, das precipitações e escoamentos superficiais. Os fatores naturais somados às atividades/ações antrópicas — que utilizam recursos naturais de forma predatória, agravam ainda a conjectura ambiental nas terras secas (VIEIRA, 2003; SILVA, 2015).

Entendendo tais ocupações e assimilando principalmente a irregularidade pluviométrica, o homem teve que se adequar ao clima severo do semiárido brasileiro, dispondo de tecnologias sócias e principalmente de tecnologias estruturais, em um ponto de vista hidrológico, sendo estas últimas que serem dispostas através de obras de cunho estrutural que em sua grande maioria foram arcadas pelo poder público e que visam atingir um número maior de pessoas. Que é o caso de barragens, transposições e perímetros irrigados entre outros.

Quando as comunidades rurais começam a dispor de suas próprias barragens, construídas ou não com o apoio do poder público, por exemplo, elas são dispostas sem maiores proporções devido aos recursos e materiais empregados. Nem maiores estudos prévios, a implantação destas pequenas barragens se dá desordenada, carecendo de controle e fiscalização, que buscassem possibilitar ordenamentos e diretrizes para a construção e funcionamento destas barragens de pequeno porte.

Com a disseminação e simplificação dos métodos para a construção de aparelhos hídricos, onde destacam-se as barragens, passagens molhadas e barragens subterrâneas — sendo esta última não tão frequente quanto as demais. A interpretação das influências provocadas por intervenções antrópicas à dinâmica das paisagens semiáridas, se apresenta como um desafio a gestão territorial. Ao levar em consideração os efeitos provocados não somente pelas tecnologias antrópicas, como por fatores naturais, foi que sugeram



considerações quanto a relação do que efetivamente entra no sistema, *inputs*, e o que realmente sai deste, *outputs*.

Ao serem instaladas, determinados tipos de intervenções provocam interrupções/interferências em elementos naturais quanto a capacidade de transmissão de água e sedimentos no interior de uma bacia hidrográfica. Os impedimentos provocam assim, alterações em níveis de base, mudanças na fisionomia dos canais, retenção de sedimentos, gerando assim desconexões entre zonas e áreas da bacia onde estão instaladas.

Entender como as atividades humanas, vão impactar na paisagem semiárida, com enfoque nas dinâmicas geomorfológicas destas áreas é cada vez mais imprescindível para os mecanismos de gestão e de tomada de decisões por parte do poder público. Dito isto, é cada vez mais necessário buscar ampliar o debate quanto as relações das atividades antrópicas em ambientes semiáridos.

Estas interrupções em terras secas, acabam por provocar mudanças nos processos geomorfológicos existentes que quando alterados podem provocar efeitos às atividades humanas. O estudo da conectividade da paisagem se faz necessária e pertinente a luz da gestão territorial ambiental e de recursos hídricos, fomentando assim as ações de gestão e planejamento.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Este trabalho tem como objetivo analisar a conectividade da paisagem e a área de captação efetiva na bacia hidrográfica do baixo curso do rio Piancó, no sertão paraibano.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Identificar os pontos de interrupção do fluxo de matéria e energia;
- Analisar o que as interrupções provocam no sistema da bacia;
- Analisar a área de captação efetiva quali-quantitativamente.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação deste trabalho se deu através das dinâmicas das paisagens semiáridas, atreladas a uma perspectiva sistêmica, calcado e organizado em sistema ambiental dinâmico, geomorfologia do semiárido, dinâmica fluvial do semiárido, conectividade da paisagem e os impedimentos longitudinais antrópicos em ambientes semiáridos, sendo abordados em sequência.

#### 3.1 Sistema Ambiental Dinâmico

A uso do paradigma dos sistemas eclodiu nos Estados Unidos, nas primeiras décadas do século XX, em sincronia com o avançar da cibernética. Sua aplicação inicial nas ciências naturais se deu devido aos trabalhos de Bertalanffy, que consolidou a Teoria Geral dos Sistemas – TGS – aplicando-a a biologia e à termodinâmica (SALES, 2004). A concepção sistêmica chamava à necessidade de se enxergar as interações entre os processos para entender de maneira integrada os fenômenos (MARQUES NETO, 2008), sedimentado por BERTALANFFY (1973) que colocou:

É necessário estudar não somente partes e processos isoladamente, mas também resolver os decisivos problemas encontrados na organização e na ordem que os unifica, resultantes da interação dinâmica das partes, tornando o comportamento das partes diferente quando estudado isoladamente e quando tratado no todo (p.53).

A TGS considerava os sistemas uma episteme complexa, que a priori tentava alcançar uma única linguagem científica, que encontrasse a todos os campos do conhecimento, que transpassasse a Biologia, a Engenharia, a Física, a Matemática, a Psicologia, as Ciências Sociais, as Ciências da Terra entre outra. Que através da delimitação e análise de componentes e estruturas funcionais, de forma a englobar os espaços da realidade, que se colocam como suporte para a sua compreensão (VICENTE E PEREZ FILHO, 2003).

Ludwig Von Bertalanffy buscou mostrar a sensibilidade em relação ao esgotamento e às limitações dos esquemas metodológicos da ciência clássica separativa e reducionista. A TGS seria, também, uma nova forma de visão de mundo, baseada na totalidade, uma visão holística, onde a natureza seria concebida de forma integrada, sendo impossível a compreensão separada da mesma (CHRISTOFOLETTI, 2007; VALE, 2008; MARQUES NETO, 2008; SOUZA, 2013).

Para a compreensão de um sistema e sua composição, é necessário analisar diversos aspectos importantes, tais como a matéria, a energia e a estrutura que os

compõem (CHRISTOFOLETTI, 1980). A matéria, se refere ao material que vai circular no interior do sistema; a energia corresponde à força que faz com que o sistema venha a “funcionar” (seja potencial e/ou cinética), todos os processos atuam em função da energia que lhes é fornecida; e a estrutura que corresponde aos elementos e suas relações, a forma do sistema. Ainda no que diz respeito a estrutura destacam-se três características sendo elas: o tamanho, que vai se relacionar com as variáveis presentes no sistema; a correlação, referente ao relacionamento entre as variáveis que demonstra em força e direção; e a casualidade, tratando da relação de dependência e independência entre as variáveis (CHORLEY; KENNEDY, 1971; CHRISTOFOLETTI, 1979; SOUZA, 2013).

O conceito de sistema é múltiplo, mas que o presente trabalho se ancora na seguinte definição que diversos autores colocam/trabalham com os sistemas como um aglomerado de elementos que apresenta relações entre si e seus atributos buscando atingir uma finalidade (BERTALANFFY, 1950, 1973; HALL E FAGEN, 1956; THORNES E BRUNSDEN, 1977; CHRISTOFOLETTI, 1980; VICENTE e PEREZ FILHO, 2003; SALES, 2004). No que tange as inter-relações que condicionam a organização do sistema entre as unidades, e o nível no qual o mesmo está organizado possibilita que o todo possa a função de um todo maior que a simples soma das respectivas partes deste sistema. Sendo impossível compreender/assimilar esse todo em sua totalidade sem o entendimento das partes que lhe compõem (CHRISTOFOLETTI, 1979; MATTOS e PEREZ FILHO, 2004). Um sistema então só teria sentido real se foram levando em consideração de forma conjunta três conceitos chaves, o todo, as partes e as inter-relações (MATTOS e PEREZ FILHO, 2004).

Ao que se refere a complexidade dos sistemas, Graf (1988) aponta a utilização da teoria sistêmica, para compreender a realidade e a complexidade dos sistemas, ainda aponta que “ A Teoria Geral dos Sistemas é uma base de conhecimento e convenções que formalizam a maneira que nós vemos os sistemas e pode ajudar a acrescentar a complexidade” (p.30). Uma relação entre elementos, não ficaria implícito a existência de um sistema, mas sim a partir do momento que por ventura ocorresse uma interação capaz de fazer com que os elementos funcionassem de forma integrada/organizada (MATTOS e PEREZ FILHO, 2004). Os sistemas complexos, que se fazem presentes em grande parte dos sistemas na natureza, não detêm somente aspectos físicos-mecânicos, mas também transferências de informações/pulsos, que tornam possível ao sistema sofrer mudanças e

se adaptar ao ambiente, a partir de suas relações internas ou externas (GOMES e VITTE 2011).

A complexidade da natureza não foi reduzida a comportamentos lineares (previsíveis), muito menos o será quando encarada por uma visão ambiental, em que as questões antrópicas são partes integrantes (VICENTE e PEREZ FILHO, 2003). Ao que se refere ao seu comportamento os sistemas complexos, estes são sempre abertos; apresentam comportamento hierárquico ao ponto que os elementos que o compõe se fazem através de subsistemas em níveis hierárquicos menores, entendemos assim, estes compondo sistemas hierarquicamente maiores (MATTOS e PEREZ FILHO, 2004).

Christofolletti (1980, p.5) detalhou a relação das alterações que o sistema sofre, e que os efeitos, desta, voltam a atuar na variável ou no elemento inicial criando uma circularidade de ação, sendo chamada de retroalimentação (*feedback*). Da retroalimentação o autor listou 4 tipos mais comum - retroalimentação direta, em circuito, negativa e, positiva – sendo a retroalimentação negativa a mais comum entre os tipos, isto se dá quando uma alteração externa provoca mudanças em um sistema, que visam extinguir/estabilizar a alteração inicial (MATOS e PEREZ FILHO, 2004; SOUZA, 2011; AMORIM, 2012).

Trazendo as concepções sistêmicas ao âmbito das ciências naturais, mais especificamente a Geografia. Sothava no início da década de 60 aplicou o paradigma sistêmico de Bertalanffy, incorporando-a as ciências naturais. Definindo geossistema – com formações naturais – que tendem a obedecer à dinâmica do trânsito de matéria e energia, voltadas aos sistemas abertos, em conjunto com os sistemas antrópicos, que formam um modelo global de apreensão da paisagem, inserindo assim, com equidade, o ser humano na relação com o meio natural e atuando na formação/evolução da paisagem. Esta teoria em suma se dispõe em uma proposição realista no que tange a estrutura, a dinâmica e a evolução de áreas naturais derivadas do relacionamento entre os componentes da natureza, trabalhando assim em uma base unificada de perspectiva e tratamento dos problemas (CAVALCANTI, 2013). No que diz respeito a estrutura, um geossistema pode ser exumado em três dimensões sendo estas: material, espacial e temporal. Tais estruturas são controladas por entradas de energia, matéria e informações advindas de domínios externos, como também de processos interiores de autorregulação (CAVALCANTI, 2010).

As concepções sistêmicas foram inseridas na geografia pela demanda em se analisar a apreensão ambiental, através da evolução e interação de seus componentes socioeconômicos e naturais, referentes a sua organização espaço-temporal (VICENTE e PEREZ FILHO, 2003).

Na geografia física a visão sistêmica começou a ser registrada na década de 50, utilizada inicialmente em pesquisas de cunho hidrológico e climatológico (SALES, 2004). Somente na década de 60 tal visão foi inserida na Geomorfologia. Christofolletti (1999) destacou que esta inserção do conceito se deu através de Chorley (1962) tendo elementos desta abordagem considerados por Christofolletti (1979); Strahler, (1980); Huggett, (1985); Scheidegger, (1991).

A geografia física tenta consolidar as noções de totalidade utilizando as ideias de sistemas dinâmicos, não lineares e de comportamento caótico. Isso se deu através da necessidade de buscar trabalhar com sistemas complexos ao se lidar com questões de natureza/ambientais. A proposta sistêmica foi considerada como a única que apresentava viabilidade de uso, mesmo não atingindo/apanhando a todo o conhecimento desenvolvido nas alas da geografia física, por se apresentar de forma inovadora e rejuvenescida para trabalhar estas informações. Surgindo então o trato sistêmico com sua fundamentação integrada da abordagem do objeto de estudo, entendendo o todo (sistema) e sua inseparável complexidade. Assim é pertinente considerar que a geografia física através do geossistema, resgatou a noção de totalidade. Assim a geografia física ficou como sendo a área de conhecimento, que estuda as relações espaciais, com uma capacidade de esquematizar as relações com fenômenos examinados em diferentes disciplinas, com base no objeto de análise. Outrossim é que a geografia por se dedicar as organizações espaciais – sistemas ambientais físicos (CHORLEY e KENNEDY, 1971; CHRISTOFOLETTI, 1999; VICENTE e PEREZ FILHO, 2003; CORREA, 2006). O sistema ambiental físico apresentando complexidade integrada, ocorrendo onde exista circulação de energia e matéria e onde ocorre exploração biológica, somando-se a isso a realizada pelo homem. (TROPPMAIR e GALINA, 2006).

Na Geomorfologia as concepções sistêmicas foram inseridas inicialmente pelos estudos desenvolvidos por Strahler (1950; 1952), que possibilitou um desenvolvimento de estudos mais abrangentes na década de 60 (CHRISTOFOLETTI, 1980). A definição de sistema geomórfico adotada para este trabalho foi a esboçada por PHILIPS (2012):

Um sistema geomórfico pode ser caracterizado como um conjunto de componentes interconectados, que podem ser objetos (p. Ex., Formas de relevo, massa ou compartimentos de armazenamento de energia), processar ou processar pacotes ou regimes (por exemplo, intempérie, erosão fluvial e deposição aluvial) ou fenômenos ou eventos (Por exemplo, fluxos excessivos, ciclones tropicais e terremotos). Esses componentes estão conectados por fluxos de matéria e energia, feedbacks, sequenciamento ou conectividade espacial ou temporal e relações processo-resposta (p.151, **traduzido pelo autor**).

Os sistemas nos quais o geomorfólogo busca trabalhar, não se prende e se apresenta de maneira isolada, este realiza suas funções no interior de algo que faz parte de um conjunto maior. Este conjunto de todos os fenômenos e eventualidades, que devido as mudanças e dinamismo, apresentam repercussões no sistema objeto da análise. Em igual situação se encontram os fenômenos e eventos que devido ao comportamento do sistema objeto, sofrem alterações e mudanças (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Entendendo o sistema geomorfológico como um sistema processo-resposta, ou seja, apresenta relações simples e múltiplas, este, busca atingir um estado de equilíbrio entre o processo e forma, de tal maneira que alterações nos processos (entradas) refletem em compensações gerando mudanças na forma do sistema (sua estrutura), e vice-versa fazendo com que alterações na forma do sistema, provoquem ajustes e mudanças nos processos e como estes se realizam. (CHRISTOFOLETTI, 1979, 1999; MATTOS e PEREZ FILHO, 2004). Processos de superfície e formas de relevo podem responder ao clima e outras mudanças ambientais, não apenas por meio de acelerações ou desacelerações em taxas de processo, mas também por mudanças de estado (PHILLIPS, 2014).

No sistema geomorfológico os processos se fazem condicionados pelas características climáticas, hidrológicas e estruturais (CHRISTOFOLETTI, 1999). Os sistemas geomórficos, exceto no nível mais atomístico, consistem em subsistemas acoplados. Os subsistemas podem funcionar em várias escalas. Os relacionamentos entre dependência e independência de subsistemas podem depender em grande medida de sincronização (PHILLIPS, 2012). Os sistemas geomórficos são tipicamente caracterizados por controles múltiplos, vários graus de liberdade ou formas de ajuste na resposta a mudanças ou distúrbios ambientais que apresentam interconectividade (PHILLIPS, 2007). O desenvolvimento deste sistema se torna complexo em consequência das compreensões: I – mudanças nos controles externos viriam na escala regional; II – as grandes bacias hidrográficas compreendem uma hierarquia de sistemas de processos-respostas, sendo sub-bacias e segmentos do canal principal; III – A própria complexidade

estrutural e funcional do sistema (SCHUMM, 1977; STARKEL et al, 1991; CHRISTOFOLETTI, 1999).

Quanto a noção de equilíbrio nos sistemas geomórficos, mesmo sendo um termo consolidado na geomorfologia, este ainda se apresenta variado e mal definido, apresenta dualidade. Esta dualidade se remete a equilíbrio como aquele que existe função da inter-relação dos elementos e a outra é o atrelado a evolução do sistema como um todo (RENEWICK, 1992; PHILLIPS, 1992a,1992b; MATTOS e PEREZ FILHO, 2004).

Tratando ainda de equilíbrio Mattos e Perez Filho (2004) apontam que os estudos de Renwick (1992), já consideravam uma tendência dos geomorfólogos em buscar compreender a paisagem como um mosaico com componentes em equilíbrio, desequilíbrio e não-equilíbrio. Onde o entendimento de equilíbrio passou um desenvolvimento histórico que entendia o mesmo na geomorfologia como um determinado conjunto de processos e/ou controles ambientais que produzirão uma resposta particular da paisagem. Com natureza atemporal do equilíbrio era uma alternativa ao paradigma Davisiano que imperavam nas décadas de 50 e 60. Surgindo então o conceito de equilíbrio dinâmico que entendia que se a terra tem uma taxa constante de elevação e que os processos permanecem constantes, a geometria das formas de relevo atinge um estado estacionário (CHORLEY, 1962; PHILLIPS, 1992a; RENEWICK, 1992; MATTOS e PEREZ FILHO, 2004).

O desequilíbrio acolhe a visão do equilíbrio dinâmico, onde reconhece que existem (mesmo que implicitamente) condições de equilíbrio que uma forma de relevo tenha ou não atingido. O não-equilíbrio se apresenta em muitas formas em que por exemplo o relevo não tende para o equilíbrio, mesmo com períodos relativamente longos de estabilidade, tais componentes do relevo sofrem variações substanciais e por vezes súbitas ou de forma, na medida em que é difícil se identificar uma condição média ou característica limitada. (STRAHLER, 1950, 1952; HACK, 1960, 1973; CHORLEY, 1962; PHILLIPS, 1992a; RENEWICK, 1992).

Por ser um termo pouco utilizado, um exemplo de não-equilíbrio podemos buscar os canais efêmeros, principalmente em terras secas, por estes apresentarem regime de descarga variável, com natureza episódica do desenvolvimento da paisagem e as passagens abruptas a jusante (BRACKEN e WAINWRIGHT, 2008). Estes elementos

convivem e interagem, levando o sistema a comportamentos complexos, sendo estes caóticos.

No decorrer da história, vem se tornando reconhecível que o equilíbrio e as abordagens históricas não são análogos e incompatíveis. Os equilíbrios geomórficos provavelmente seriam instáveis e, assim, transitórios e que muitos destes sistemas são caracterizados por múltiplos equilíbrios em vez de um único estado de equilíbrio (SCHEIDEGGER, 1983; RENWICK, 1985; SACK, 1992, PHILLIPS, 1992b). Dito isto muitos sistemas geomórficos estão longe do equilíbrio termodinâmico. (HUGGET, 1988; PHILLIPS, 1992b). A não-linearidade e limiares em sistemas geomórficos, portanto impedem o equilíbrio, uma vez que a relação entrada-saída não é temporariamente antagônica. Sendo esta não-linearidade que se faz presente na grande maioria de sistema geomórficos que evidencia que o equilíbrio não é a norma nestes sistemas. O equilíbrio é uma propriedade expressiva para determinados componentes dos sistemas geomórficos e não sendo uma regra para todo o sistema (HOWARD, 1988; PHILLIPS, 1992a).

Outro tema que necessita explanação é a estabilidade em geomorfologia, mesmo esta estando ligada a auto-ajuste. Onde merece destaque a diferenciação entre estabilidade e equilíbrio neste trabalho, a fim de evitar que confusões e entendimentos dispersos surjam no decorrer deste exercício. Dito isto, equilíbrio pode ser entendido como uma análise de entradas e saídas de energia e matéria, que é garantido por uma contínua autorregulação. Sendo assim estabilidade a capacidade do sistema em manter uma organização global, ainda que existam alterações nas condições ambientais, renovações e transformações nos elementos integrantes, bem como nas interações, deste sistema. Já autorregulação é um modo em que o sistema preserva seu padrão de organização e se manter estável, mas isto não é estabilidade propriamente dita (MATTOS e PEREZ FILHO, 2004).

Assim sendo uma estabilidade é vista como relativa e dinâmica, presente na evolução dos sistemas geomorfológicos complexos, sendo colocada por MATTOS e PEREZ FILHO (2004, p.16), que “ (1) estados estáveis se alternam, no tempo e no espaço, com estados e instabilidade; (2) ocorre mesmo se houver elementos instáveis e em não equilíbrio; (3) as alterações/perturbações ambientais não são “ruídos externos” e sim fatores fundamentais na evolução do sistema”. O reconhecimento do futuro estado dos sistemas complexos é intrinsecamente desconhecível, e resultados surpreendentes são



inevitáveis, representa um pilar para uma melhor prática de gestão (PHILLIPS, 1992b; BRIERLEY, FRYIRS e JAIN, 2006).

O sistema geomorfológico apresenta movimentação de matéria e energia através de entradas e saídas (*inputs* e *outputs*), fatores endógenos e exógenos são determinantes para a caracterização da forma e dos processos que lhe integram e atuam sobre ele (CHRISTOFOLETTI, 1980). As relações complexas na bacia ocorrem considerando que o elemento desencadeador dos processos mais expressivos, no que se refere ao desenvolvimento geomorfológico, é o clima quente e seco, partindo do pressuposto que os processos responsáveis pela elaboração das formas de relevo, principalmente as formas associadas às superfícies de aplainamento, estão diretamente dependentes dos elementos climáticos (LIMA; CUNHA; PEREZ FILHO, 2016).

### **3.2 Geomorfologia do Semiárido**

As terras secas ocorrem em locais específicos, tendo em vista estarem isolados de fontes de umidades como os oceanos (GRAF, 1988). Os processos em áreas semiáridas e subúmidos apresentam diferenciações em suas características em comparação com áreas úmidas. Tal diferenciação consiste das formas de inputs de energia no sistema, tendo maior relevância a precipitação. Em virtude disto, o resultado é uma variação nas formas e estrutura (SOUZA e ALMEIDA, 2015). Onde no semiárido brasileiro a média anual de precipitação é de 650 mm, polígono das secas (VIEIRA, 2003). A precipitação em terras secas resulta de processos atmosféricos distintos, cada um trabalhando em uma escala específica e produzindo um padrão temporal e espacial diferente (GRAF, 1988).

Nas terras secas o escoamento superficial representa a contribuição de massa e energia para o sistema de canais que alimenta os processos fluviais, como também o trabalho geomorfológico exercido pelo escoamento, está envolvido com os processos fluviais de produção de sedimentos (SOUZA e ALMEIDA 2015; GRAF, 1988). As chuvas, reduzidas e com distribuição irregular ao longo dos anos, acontecem em regime torrencial, favorecendo o transporte de detritos por meio dos escoamentos superficiais difuso e concentrado e do escoamento fluvial efêmero e intermitente (LIMA; CUNHA e PEREZ FILHO, 2013, 2016).

Além do escoamento superficial outro processo desempenha papel relevante na dinâmica do semiárido, a infiltração onde a água que infiltra no solo tende a recarregar o lençol freático, manter a umidade do solo, proporcionar o fluxo subsuperficial para o

abastecimento dos sistemas fluviais, como também proporcionar através da saturação do solo, o escoamento superficial (WALTEMAD, 2010). Por ser um processo complexo a infiltração depende de uma variável de elementos que podem potencializar ou restringir a atuação do mesmo, como por exemplo a porosidade do solo (ASSOULINE, 2013) e a predominância de solos rasos, que recebe influências do embasamento cristalino.

A condição de semiaridez favorece a elaboração de superfícies aplainadas com inselbergues, através de mecanismos e processos que demonstram o domínio climático sobre a estrutura (LIMA; CUNHA; PEREZ FILHO 2016). Dentre as peculiaridades, é pertinente considerar que o semiárido brasileiro é uma região marcada por canais de fluxos intermitentes, com a presença de uma dinâmica sazonal, capaz de gerar canais ao mesmo tempo largos e intermitentes. Tal peculiaridade se acentua ao se verificar que tal dinâmica proporciona a todos os rios do Nordeste Brasileiro, em algum período do ano, chegam ao mar, em contrário ao que acontecer em outras regiões semiáridas do mundo e que os rios e bacias hidrográficas convergem para depressões fechadas (Ab'SABER, 2003; CAVALCANTE e CUNHA, 2012).

As formas mais vastas e comuns nas terras secas, normalmente, são os pedimentos. Superfícies erosivas suavemente inclinadas, esculpidas sobre rochas homogêneas, ou não, localizadas a partir do sopé de uma escarpa ou no interior de vales. A mudança entre a escarpa e o pedimento dá-se a partir de uma ruptura brusca de ângulo (*knick*); podendo existir uma delgada cobertura detrítica colúvio-aluvial, mal selecionada e não estratificada, havendo essa cobertura a forma é chamada de pedimento detrítico. Este pavimento detrítico tem sua gênese relacionada com a remoção dos sedimentos finos pelo escoamento superficial não canalizado. Contudo, o pedimento pode ser formado em outros climas, além das terras secas, não sendo endêmicos destas, como também em embasamento sedimentar; contudo é sob os climas áridos e semiáridos e em embasamento cristalino que os pedimentos apresentam um maior desenvolvimento (SCHUMM,1977; CHRISTOFOLETTI, 1980; GRAF, 1988; SUGUIO, 1998; SOUZA e CORREA,2012a).

A declividade do pedimento varia de 1° a 7° na parte superior e vai gradativamente diminuindo para jusante, chegando a valores abaixo de meio grau. Seu perfil longitudinal passou a ser assemelhado com os segmentos de curso fluviais, com declividades aumentando em direção a montante. Ainda sobre o pedimento, não é desprezada a existência de cobertura detrítica colúvio-aluvial, de espessura variada, oscilando de zero a alguns metros, com sedimento mal selecionados, não-estratificados, com presença em

geral como depósitos torrenciais. Tais características concretam o entendimento que os sedimentos ali presentes estão sendo transportados/movidos (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Outras estruturas que se fazem presentes em áreas pedimentares são os *inselbergs*, sendo estes relevos residuais, inclinados, compostos por rochas cristalinas, associados aos processos denudacionais, apresentam-se isolados na paisagem. Os leques aluviais são elementos presentes nas paisagens semiáridas, no caso dos pedimentos, servem como sistemas de transferência para materiais corroídos de massas de montanhas e destinados à deposição em bacias adjacentes. Nas terras secas tendem a ser mais leves do que aqueles em regiões húmidas, provavelmente porque os fluxos que fluem continuamente em regiões úmidas removem materiais relativamente rápido das partes distais dos leques, como há um menor retrabalho dos leques em terras secas, resultado da atuação dos processos em pulsos — não contínuos, pode haver coalescência dos leques podendo formar unidades chamadas de planícies aluviais de piemonte (GRAF, 1988; SUGUIO, 1998; SOUZA e ALMEIDA, 2015).

Mesmo apresentando uma carência de trabalhos destinados ao entendimento da dinâmica geomorfológica do semiárido no Nordeste Brasileiro, diversos pesquisadores destinam seus esforços ao desenvolvimento de trabalhos que compreendam as peculiaridades que este ambiente apresenta.

Amparados pelas considerações da Ab'Sáber (1970,1974) Souza e Oliveira (2006) buscaram caracterizar os ambientes classificados como enclaves úmidos e subúmidos, no semiárido brasileiro. Os pesquisadores concluíram que estes enclaves apresentam inúmeras características semelhantes e condições específicas. Onde estas áreas sofrem frequentemente expansivos impactos das ações/atividades antrópicas (SOUZA e OLIVEIRA, 2006).

O trabalho de Maia et al. (2010) tratou de abordar a geomorfologia do Nordeste Brasileiro, com enfoque a porção setentrional, através da análise de modelos clássicos de evolução das superfícies de aplainamento, tratando das limitações e as relações morfotectônicas. Que entre as conclusões identificaram que as grandes superfícies de aplainamento do Nordeste apresentam origem poligênica (MAIA et al., 2010).

Corrêa (2011) relacionou a ocorrência de um evento climático de alta magnitude, na morfologia em nível escalar de uma rede drenagem com regime intermitente do

semiárido nordestino e seus depósitos aluviais. O trabalho considerou o desenvolvimento de uso e ocupação na área objetivada. Dentre as conclusões observou-se que diversos barramentos foram rompidos, gerando novos níveis/patamares de equilíbrio entre forças erosivas e deposicionais, devido ao evento desencadeador (CORRÊA, 2011).

Lima et al. (2016) trabalharam o relacionamento da rede de drenagem com superfícies aplainadas semiáridas, tendo com recorte espacial a Bacia Hidrográfica-BCH do Rio Bom Sucesso, no Estado da Bahia. Assim buscou-se verificar a contribuição da rede de drenagem na evolução do relevo. Identificando os níveis de aplainamento, analisando as coberturas superficiais e caracterizando os canais de drenagem, identificando os compartimentos geomorfológicos e por fim avaliando o grau de dissecação do relevo. Os resultados verificados apresentaram que os variados estados de conservação e dissecação do aplainamento estão relacionados aos processos realizados por fatores fluviais, como também a compartimentação geomorfológica também apresentou relacionamento quanto aos padrões espaciais da rede de drenagem (LIMA et al. 2016).

### **3.3 Dinâmica Fluvial do Semiárido**

Para o entendimento das variações comportamentais dos rios em terras secas, é pertinente assimilarmos as mudanças no regime de fluxo de água e sedimentos, sejam por tectônica ou por eventos hidrológicos, pois estes podem desestabilizar o sistema (GRAF, 1988; SOUZA e ALMEIDA, 2015).

Os processos geomórficos, regimes de fluxo, vegetações associadas e a disponibilidade de sedimentos (balanço sedimentológico) irão modificar as forças de distribuição de energia e matéria dentro do sistema fluvial, e essa interação irá determinar as características e distribuição dos elementos do sistema (BRIERLEY e FRYIRS, 2005). Tornando, assim, necessário o estudo da distribuição e características dos elementos do sistema fluvial para a compreensão dos processos fluviais, sendo possível associar as formas e características identificadas com os processos atuantes nesses sistemas. As características do fluxo e da carga sedimentar dos canais nas terras secas, aliadas com as características do substrato geológico e estado da vegetação do vale fluvial vão controlar as formas desenvolvidas nos canais e adjacências, formando um complexo de formas particulares, não exclusivas, das terras secas (SOUZA e CORREA, 2012A).

Utilizando a bacia hidrografia como um recorte espacial é relevante buscar um arcabouço sistêmico que forneça o aporte necessário para a análise de forma integrada dos diferentes elementos em pesquisas sobre os ambientes fluviais (SOUZA, 2013). Sendo a bacia de drenagem compreende um conjunto de unidades estruturais, destacando-se as formas de relevo representadas pelas vertentes e as relacionadas diretamente com os canais fluviais. Permanecendo em constante troca de energia e matéria, enquanto sistema não isolado aberto (CHRISTOFOLETTI, 1999). A geomorfologia assim, fornece um ponto de partida ideal para avaliar a inter-relação dos processos biofísicos dentro de uma bacia hidrográfica, uma vez que os processos geomorfológicos determinam a estrutura, ou modelo físico, de um sistema fluvial (BRIERLEY et al.,2002).

A bacia é um sistema aberto aos fluxos de energia e matéria: as entradas do sistema são representadas pela precipitação e forças tectônicas subjacentes e as saídas pela perda de água sedimentos e materiais solúveis, em comum com outros sistemas, o sistema fluvial é hierárquico, na medida em que existem subsistemas integrados operando dentro dele, desempenhando diversas funções, sejam ecológicas, de recursos hídricos, alívio de inundações, transferência de sedimentos, navegação e ambiental (COELHO NETO, 1998; MATTOS e PEREZ FILHO, 2004; JIONGXIN, 2008).

Sob a perspectiva funcional, a bacia hidrográfica pode ser entendida/subdividida por/em zonas de produção, transferência e deposição de sedimentos, onde estes podem ser erodidos, transportados e estocados em todas as compartimentações, entretanto em cada uma destas, apenas um dos processos é dominante (SCHUMM, 1977; MATTOS E PEREZ FILHO, 2004; SOUZA e ALMEIDA, 2015). A bacia pode ser analisada de diferentes formas, sendo neste trabalho observada como uma unidade organizada e complexa que à considera formada por subsistemas, cujas interações resulta a organização do sistema como um todo integrado (MORIN, 1977; MATTOS e PEREZ FILHO, 2004).

Este trabalho, também, se ancora na teoria de Continuo Fluvial desenvolvida por Vannote et al. (1980) que considera que serve como ferramenta para a gestão de bacias hidrográficas. Esta teoria fixou-se na ecologia, embasada na perspectiva do equilíbrio de energia na geomorfologia, considera primariamente que os rios desde as áreas de cabeceira até a foz as variabilidades físicas dentro do sistema fluvial apresentam um contínuo de condições gradacionais (STATZNER e HIGLER,1985; MONTGOMERY, 1999; CUNHA, 2013). Nessas estruturas, as ligações são várias vezes avaliadas em termos de fluxo longitudinal (rio a montante, fluxo tributário-principal), lateral (canal

inclinado, canal-planície de inundação), vertical (superfície-subsuperfície e níveis de inundação) e dimensões temporais (STANFORD e WARD, 1996; WARD, 1989; BRIERLEY e FRYIRS, 2005). O envolvimento das atividades antrópicas também atua e interferem no relacionamento dos processos, e das estruturas, acarretando interferências no sistema como um todo ou em parte dele. Assim o contínuo fluvial considera as áreas de cabeceiras de drenagem onde o rio apresenta elementos de alta declividade, e que no decorrer do perfil longitudinal este vai tendo menor energia ficando mais plano o que proporciona uma diversidade fluvial com o surgimento de novas unidades (MAIA, 2016).

Ao que se refere a interação entre os elementos, e sua multiplicidade de envolvimento, que compõem uma bacia, qualquer alteração, mesmo sendo de baixa intensidade, pode levar a uma situação de desestabilidade/desequilíbrio, devido ao grande número de interações e retroalimentações dos sistemas (DREW, 2005; SOUZA e ALMEIDA, 2015). Exemplo claro disto são as alterações que por ventura ocorram em uma cabeceira de drenagem, tanto antrópicas quanto naturais, estas mudanças atuam de diversas maneiras no interior do sistema.

Mattos e Perez Filho (2004) destacaram a complexidade cobra dos pesquisadores, quando estes estudam bacias hidrográficas, onde uma bacia:

(...) não pode ser entendida pelo estudo isolado de cada um de seus componentes: sua estrutura, funcionamento e organização são decorrentes das inter-relações desses elementos, de modo que o todo resultante não é resultado da soma da estrutura, funcionamento e organização de suas partes. Analisar separadamente os processos que ocorrem nas vertentes e aqueles que acontecem nos canais fluviais não permite compreender como o sistema bacia hidrográfica funciona enquanto unidade organizada complexa (p.17).

Coelho (2008) enfatiza que ao se analisar uma bacia hidrográfica de maneira geral, não se pode considerar os processos – erosão, transporte e deposição – separadamente, além de outros elementos que interferem na dinâmica e funcionamento da mesma, utilizando com exemplo, obras de engenharia em calha de rios. Souza e Almeida (2015) colocam que além do conhecimento destes processos (erosão, transporte e deposição) é importante considerar seus fatores condicionantes/controladores, como fatores climáticos e geológicos, envolvidos no suprimento de água e sedimento de água e sedimento ao sistema fluvial, e por sua vez, assume o papel de agente modificador da superfície, por sua dinâmica, transportando fluxo de água e sedimentos em constante interação entre o canal e a encosta. A dinâmica do sistema fluvial no que tange os processos as suas zonas produção, transporte e deposição de sedimentos - em uma bacia fluvial é de conhecimento fundamental e constitui análise a priori na fundamentação de projetos relacionados aos

planejamentos hídricos, ambiental e territorial (BRIERLEY e FRYIRS, 2005; FRYIRS et al., 2007; SOUZA e ALMEIDA, 2015).

Para a dinâmica de terras secas seja melhor entendida e conseqüentemente analisada, se faz necessário o entendimento dos processos que atuam concomitantemente nestes ambientes, desta maneira, buscando compreender os processos presentes em regiões semiáridas SOUZA e ALMEIDA (2015), afirmaram que:

(...) os processos em ambientes semiáridos, e em ambientes sub-úmidos, apresentam características processuais diferenciadas em relação aos ambientes úmidos. Essa diferenciação é resultado da diferença dos inputs de energia no sistema, em específico da precipitação. Por conseguinte, a diferenciação processual vai resultar em uma diferenciação das formas e estrutura no sistema (p.111).

Entres os agentes modeladores em terras secas, o escoamento superficial apresenta a contribuição de massa e energia para o sistema de drenagem, desencadeante dos processos fluviais, a infiltração e o escoamento estão intimamente ligados, como também o trabalho morfogenético executados através do escoamento está relacionado aos processos fluviais pelo fornecimento de sedimentos (GRAF, 1988; SOUZA e ALMEIDA, 2015). O escoamento é composto principalmente por fluxo de saturação terrestre e por fluxo terrestre hortoniano, sendo o segundo mais comum em terras secas, tendo em vista não ser corriqueiro nas regiões semiáridas a presença de áreas saturadas e fluxos de recarga esperando serem reativadas, que impulsionam o fluxo de saturação terrestre, isto se dá em virtude a baixa precipitação e altos coeficientes de evaporação nas áreas semiáridas, o que não corrobora para a manutenção de áreas úmidas. Nas terras secas as perdas de transmissão através da infiltração são fortes, o que interfere e limita a continuidade hidrológica (VIEIRA, 2003; BRACKE e CROKE, 2007).

O clima se apresenta como fator decisivo para o padrão e distribuição do escoamento superficial, onde este é influenciado principalmente pela natureza e distribuição da precipitação no interior da bacia, a intensidade das chuvas tem um forte relacionamento com a quantidade necessária para gerar o escoamento em diferentes escalas, como também desempenha forte relação com os fatores estruturais do relevo e de uso e cobertura (CAMMERAAT, 2002; BRACKE e CROKE, 2007; MAIA e BEZERRA, 2012). A importância dos limiares e das perspectivas complexas de resposta ao considerar os rios das terras secas é que os eventos de precipitação da mesma magnitude nem sempre provocam a mesma resposta da mesma bacia de drenagem. A energia disponível de uma determinada chuva será a mesma, não importa quando ocorra,

mas a resistência a essa chuva varia ao longo do tempo, devido a características de uso e cobertura (GRAF, 1988).

Bracken e Croke (2007) ao buscarem tratar das relações de magnitude e frequência dos eventos de precipitação, exemplificaram de forma prática, como uma determinada bacia hidrográfica vai se comportar quando exposta a eventos de precipitação. Assim um evento de magnitude baixa, ao deixar a bacia molhada, quando sucedido por novos eventos vai provocar processos de escoamento com maior capacidade de transmissão, quando comparado com um evento de alta magnitude, em uma bacia seca, onde a infiltração atua como fator limitante da capacidade de transmissão do escoamento, tornando-a não efetiva.

Como fator controlador, a precipitação, afeta a natureza e a magnitude do trabalho geomorfológico (COELHO NETTO, 1998; SOUZA, 2011; SOUZA e ALMEIDA, 2015), para Graf (1988) as características geomorfológicas presentes na superfície das terras secas são produtos da ação fluvial, embora o ambiente seco se apresente com escassez da precipitação, ela funciona como um *input* de energia, resultando em diferentes formas e estrutura do sistema.

A encosta é a principal unidade de paisagem e é a escala em que a maioria das pesquisas - dentro da temática da geração de escoamento - ocorrem, os processos de escoamento e infiltração levam a interações dinâmicas entre as zonas da encosta espacialmente variáveis, e essas interações afetam a resposta em larga escala das bacias hidrográficas ao alterarem o volume dos canais, proporcionando inundações (FIEDLER et al, 2002, BRACKE e CROKE, 2007). Os dados morfológicos sobre o impacto dos eventos de inundação em terras secas ainda são escassos, especialmente para séries de eventos históricos mais longos (HOOKE, 2016). Os principais coeficientes de erosão ocorrerão somente quando um evento ocorrer no momento em que o fatores de resistência, representados pelo gradiente do canal, tamanho das partículas e vegetação, forem menores do que a força disponível. Os limiares também variam em todo o espaço, de modo que o mesmo evento de precipitação pode causar erosão generalizada nos canais de uma bacia, enquanto que não apresenta respostas semelhantes em uma bacia de tamanho similar nas proximidades. A complexidade do sistema assegura que uma vez iniciada, é provável que os ajustes sejam propagados através da rede de drenagem, mas porque os processos fluviais são intermitentes nas terras secas, as respostas também são



descontínuas. Em qualquer momento, o sistema pode apresentar evidência de ter apenas parcialmente ajustado a forças externas ou internas para a mudança (GRAF, 1988).

É comum aceitar que as bacias hidrográficas tenham uma resposta hidrológica não-uniforme e não linear à precipitação. Isto é causado pela variabilidade espacial nas propriedades hidrológicas devido a histórias geológicas, pedológicas e de gestão complexas combinadas com a precipitação temporária e espacialmente variável (BRAKEN E CROKE, 2007). Graf (1988) destacou que nos períodos de cheia, o que para o ambiente de terras secas significa o período em que há fluxo nos canais, haverá trabalho geomorfológico, assim, o comportamento das cheias influenciará diretamente os processos fluviais.

Os sedimentos de rios em terras secas são componentes ativos de processos e formas, serve como testemunho passivo de cenários pretéritos do sistema. Estes são lançados das encostas no canal e funciona em quantidades variáveis onde se leva em consideração os tipos de rocha, solo e variações climáticas e de vegetação no interior da zona seca. Quando o sedimento entra no sistema do rio, torna-se significativo nas análises da geomorfologia do canal (GRAF, 1988; SOUZA e ALMEIDA, 2015). Toda bacia é responsável por fornecer sedimentos aos cursos de água (CHRISTOFOLETTI, 1981). Em seus trabalhos Silva e Souza (2017) identificaram que os sedimentos mais finos (silte e argila) se fazem presentes em áreas com gradientes mais baixos, já os sedimentos mais grosseiros — cascalho e areia, se apresentam com maiores proporções em áreas de gradiente mais altos.

O fluxo de carga de sedimentos desempenha papel importante no sistema fluvial, e podem sofrer alterações através do desenvolvimento de atividades antrópicas, como aumento da agricultura, construção de barragens, extração mineral; contribuindo na escavação do leito, assoreamento e erosão nas planícies de inundação (SOUZA e ALMEIDA, 2015). Resultando em barramentos e impedimentos à montante e à jusante, que funcionam como elementos desconectantes em relação a transmissão de energia e matéria dentro do canal. Os sedimentos que compõem a carga em suspensão são formados por sedimentos mais finos, oriundos das encostas, dos pedimentos das margens e do retrabalhamento dos sedimentos do canal. O estudo da carga em suspensão apresenta-se como uma problemática à realização dos levantamentos. Isto se dá em virtude a complexidade atrelada ao uso de modelos teóricos, devido ao fornecimento dos sedimentos ocorrerem através de pulsos, com variações espaciais e temporais de volume

carreado. Estas dificuldades relacionadas às práticas não permitem análises generalistas ou preditivas a respeito da carga em suspensão (GRAF, 1988, SOUZA e ALMEIDA, 2015).

A quantidade e a textura da carga de sedimentos são fatores importantes na determinação da morfologia do canal e da planície de inundação, estes estão conectados e a mercê do poder da corrente. Outros fatores como a vegetação riparia, intervenções humanas e as características pretéritas também influenciam afetando processos, afetando não só os canais, mas o desenvolvimento da planície de inundação (NANSON e CROKE, 1992).

Quanto as planícies de inundação, estas são formas que podem, ou não, se fazerem presentes em todo o perfil longitudinal de um rio. Estas são definidas como forma de relevo aluvial, em grande parte horizontal, adjacente a um canal, separada do canal por bancos – podendo estes bancos serem facilmente identificáveis ou não – e desenvolvida através de sedimentos transportados pelo atual regime de fluxo, sujeita a inundações periódicas. Uma redução global nas áreas da planície de inundação mudou consideravelmente o caráter ecológico dos rios e suas planícies de inundação (SCHIEMER e WAIDBACHER, 1992; HEILER et al., 1995). A planície de inundação permite que a água das cheias se espalhe, diminuindo assim a velocidade do fluxo e reduzindo a energia potencial da água excedente (BOBBA et al., 2010).

Dentro do comportamento de um rio, apenas uma parte dos sedimentos são transportados pelo canal, outra parte fica retida nas planícies de inundação. As formas mais antigas formadas por regimes hidroclimáticos pretéritos, se destacam das mais recentes, sendo denominados de terraços fluviais (NANSON, 1980; NANSON e CROKE, 1992; REINFELDS e NANSON, 1993). Estas podem ser formadas a partir de três processos principais: Sendo o primeiro o acréscimo de barra lateral; o segundo o acréscimo vertical em excesso e; o terceiro acréscimo do canal trançado (NANSON e CROKE, 1992).

Nas terras secas, as planícies de inundação apresentam diversos níveis acima do nível do canal, isso se dá devido à grande variação das magnitudes das cheias, estes patamares de planícies de inundação podem ficar sem serem atingidos pelo canal, durante anos e décadas (THOMS, 2003; SOUZA e CORREA, 2012). É possível detectar variados níveis diferentes sob o atual nível de uma planície (GRAF, 1988). As características sedimentológicas dos aluviões das planícies de inundação dependem principalmente do

regime de descarga, do fornecimento de sedimentos e das características da bacia hidrográfica dentro de um sistema fluvial no momento da deposição (DANIELS, 2003).

Uma forma de classificação das planícies de inundação, foi apresentada por Nanson e Croke (1992) que as classificou em planícies: não coesivas de alta energia (Classe A), não-coesivas de média energia (Classe B) e, de preenchimento com baixa energia (Classe C). Outrossim é que ambas as classes apresentam subdivisões que se fazem constar em regiões semiáridas.

### **3.4 Conectividade da Paisagem**

Trazendo a importância do tema à gestão dos recursos hídricos, é recorrente no interior da perspectiva da transmissão de energia e matéria dentro de um sistema se dá livremente, entretanto não se atenta as questões de funcionamento do sistema, no que diz respeito aos impedimentos de fluxos em sua estrutura. Ao se ignorar os casos de impedimentos e retenções de fluxo, pode ocasionar um superdimensionamento das infraestruturas hídricas, como também uma valoração excessiva do volume de água em reservatórios. Estes apontamentos colocam em atenção a necessidade de analisar as transmissões e ligações no interior de bacias (SOUZA, 2011, 2012). Assim objetiva-se com este trabalho buscar mensurar as formas nas quais a bacia apresenta interrupções/barramentos, entendendo assim a origem e a finalidade que estes desempenham na área.

Neste trabalho a definição de conectividade é entendida como a possibilidade de interação e circulação de energia e matéria entre os compartimentos de paisagem, ou dentro de um sistema como um todo, esta deve ser mantida através do sistema, se as entradas nas cabeceiras, chegarem até o exutório da bacia na forma de saídas, assim pode-se identificar entre os elementos da paisagem fatores de conectividade e/ou fatores desconectividade (CHORLEY e KENNERDY, 1971; BRIERLEY, FRYIRS e JAIN, 2006; FRYIRS et al, 2007; SOUZA e CORREA, 2012). A análise do caráter e comportamento dos compartimentos paisagísticos, como eles se encaixam, sua montagem e padrão, e a conectividade entre eles, fornece uma plataforma para interpretar a operação de processos geomórficos em qualquer sistema (BRIERLEY, FRYIRS e JAIN, 2006). Para amparar as discussões tanto na hidrologia quanto na geomorfologia, podemos identificar três “tipos” de conectividade: conectividade de paisagem, que se relaciona com o acoplamento físico de formas de relevo (por exemplo, encosta a canal) dentro de uma

bacia de drenagem; conectividade hidrológica, que se refere à passagem de água de uma parte da paisagem para outra e espera-se que gere alguma resposta de escoamento de captação; e conectividade sedimentológica, que se relaciona com a transferência física de sedimentos através da bacia de drenagem e pode variar consideravelmente com, entre outros, o tamanho de partícula (BRACKEN e CROKE, 2007).

Em virtude desta tipologia, no que se refere à conectividade hidrológica e sedimentológica, é pertinente destacar o funcionamento dos processos envolvidos. Um dos processos determinantes é a geração de escoamento, nos sistemas hidrológicos semiáridos, a quantidade de fluxo de um rio e o potencial risco de inundação, resultantes de eventos de chuvas intensas, são determinados pela geração de escoamento em um ponto da paisagem e pela conectividade hidrológica desse escoamento gerado com a rede do canal do rio (BRACKEN e CROKE, 2007).

A conectividade hidrológica é controlada por fatores que podem ser separados em "estrutural" e "funcional. Onde os aspectos estruturais são aqueles que permanecem estáticos durante o período de interesse, como topografia e padrões de vegetação. Os aspectos funcionais relacionam-se aos processos dinâmicos que ocorrem durante o evento de chuvas extremas para criar as conexões ativas, como a dinâmica de fluidos do fluxo terrestre ou a interação com o evento da chuva para criar os comprimentos do trajeto de fluxo. Durante períodos de tempo mais longos, fatores estruturais podem moldar os controles funcionais, como a resposta dos padrões de vegetação à conectividade de escoamento (PUIGDEFABREGAS 2005; TURNBULL et al., 2008; REANEY et al., 2013).

No que tange a conectividade sedimentológica, e como esta se apresenta na paisagem. Ela se caracteriza por se tratar da transferência de sedimentos conectados de uma fonte à uma saída em um sistema através do desprendimento e do transporte de sedimentos, controlados pela movimentação entre as zonas geomórficas de uma bacia. Nas bacias, as movimentações se fazem nas encostas, entre as encostas e canais, e dentro dos canais (COOPER et al., 2012; BRACKEN et al. 2015).

Este tipo de conectividade apresenta uma interação entre os componentes estruturais, formas, componentes processuais, fluxo de vetores e transporte de matéria/energia que determinam o comportamento a longo prazo do fluxo de sedimentos que destacam como mudança forma de relevo. A conectividade dos sedimentos não

depende exclusivamente dos processos individuais, mas sim de todos os processos do sistema geomórfico que exercem controle no fluxo de sedimentos como também dos aspectos inerentes a deposição dos sedimentos (mudança de declividade, elementos naturais desconectantes, intervenções antrópicas) e o tempo de permanência destes em um local (PRESTON e SCHIMIDT, 2003; TURNBUL et al., 2008; SANDERCOCK e HOOKE, 2011; BRACKEN et al, 2013; BRACKEN et al. 2015).

Quanto as ligações, estas podem ser trabalhadas em várias escalas, entre as zonas do sistema fluvial ou através de todos os elementos da bacia. O aspecto de ligação é mutável 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; SOUZA e CORREA, 2012).

O conceito de ligação, merece ser explanado haja vista sua relevância com a temática desenvolvida a seguir, este foi inserido na Geomorfologia através de Brunsdén Thornes (1979), no contexto da sensibilidade da paisagem, ele pode ser definido como a capacidade de transmissão, entre os componentes do sistema. No seio da sensibilidade da paisagem o conceito de ligação é trabalhado como parte da resistência estrutural, sendo responsável pela propagação dos processos pelo sistema, este pode ser trabalhado em várias escalas, entre as zonas do sistema fluvial ou através de todos os elementos da bacia. O comportamento das ligações condiciona o modo como o sistema responde ao distúrbio e, portanto, é importante na determinação da resposta geomórfica às mudanças ambientais induzidas por fatores antrópicos, exógenos e endógenos (BRUNSDEN, 2001; HARVEY, 2002; SOUZA e CORREA, 2012).

Quanto a resistência estrutural, esta é o desenho atual de um sistema, seus componentes, topologia, ligações, limiares e controles (HARVEY, 2002; SOUZA e CORREA, 2012). Ela é composta de duas resistências inter-relacionadas; sendo a primeira a resistência de localização que consiste na localização relativa dos elementos do sistema em relação aos processos capazes de modificar o sistema. A segunda é a resistência de transmissão que é a capacidade do sistema de transmitir impulsos de entre duas unidades, sendo classificadas como: ligados (*coupled*), onde os elementos estão ligados pela livre transmissão de energia e matérias; desligados (*decoupled*), onde não há ligação entre dois domínios de processos (THOMAS, 2001; BRUNSDEN, 2001; SOUZA e CORREA, 2012).

Brierley e Fryirs (2005) destacam três tipos de ligações relacionadas a conectividade da paisagem, ligação longitudinal, vertical e lateral. A natureza e o seguimento das ligações (sejam longitudinais, verticais e laterais) são controladas por diversos aglomerados de processos, localizados em diferentes posições em uma bacia, de modo que os fluxos podem ser ligados (conectados) ou desligados (desconectados) em diferentes intervalos de tempo. A ligação longitudinal é a interação na rede de canais, entre alto curso e baixo curso, ou canal secundário e canal principal — as ligações entre a montante a jusante de um rio. A ligação vertical diz respeito à interação superficial e subsuperficial de água e de sedimentos, como textura do leito, o regime de transporte no canal e a relação entre o fluxo superficial e subsuperficial. Por último a ligação lateral é a relação do canal com a paisagem circundante, entre a encosta e o canal ou entre as planícies de inundação e o canal (BRIERLEY, FRYIRS e JAIN, 2006; FRYIRS et al, 2007; BLATON e MARCUS, 2009; SOUZA e CORREA, 2012).

A conectividade controla a evolução dos ambientes fluviais (canais e planícies de inundação) a formação e a destruição de paisagens, bem como a capacidade de políticas e projetos serem positivos ou negativos na recuperação de áreas (BLANTON e MARCUS, 2009; SOUZA e CORREA, 2012). Entendendo que as interações entre os elementos de um sistema fluvial dão forma à operação de processos geomorfológicos em várias escalas temporais e espaciais, pode-se analisar a conectividade entre eles, o que proporciona um arcabouço para interpretar e operar tais destes processos. As relações espaciais resultantes determinam padrões e taxas de fluxo de água, sedimentos e nutrientes e influenciam processos biofísicos que afetam a disponibilidade e viabilidade do habitat e várias funções biogeoquímicas (BRIERLEY, FRYIRS e JAIN, 2006). A avaliação da conectividade e desconectividade da paisagem em várias escalas espaciais temporais fornece uma plataforma para examinar o potencial de recuperação do rio, a sensibilidade da paisagem e o funcionamento de vários fluxos biofísicos (como fluxo de água, processamento de matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, etc.) (FRYIRS et al. 2007).

Os modelos espaciais e temporais de desconectividade 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. Tais modelos são modificados por uma série de formas *buffers*, *barriers*, *blankets* e *boosters*, que podem impedir, ou diminuir, a transmissão, ou auxiliar e aumentar a

transmissão (BRIERLEY e FRYIRS, 2000, 2005; BRIERLEY, FRYIRS e JAIN, 2006; FRYIRS et al., 2007; SOUZA e CORREA, 2012).

As formas desconectantes acima mencionadas, alteram a capacidade de transmissão do sistema, deixando isoladas algumas áreas, impedimentos longitudinais, diminuindo assim a área de captação total de uma bacia. A área de captação efetiva é a área que contribui diretamente, ou transporta através, para a rede de canais; e reflete o grau de conectividade da bacia, tanto longitudinalmente, quanto verticalmente e lateralmente (FRYIRS et al., 2007; SOUZA, 2011; SOUZA e CORREA, 2012). Os impedimentos tendem a atuar desigualmente em resposta a eventos com magnitude e frequência diferente. A análise da presença, localização e tipos de elementos de ligação, incluindo características naturais/antropogênicas e categorias de gradiente ângulo/inclinação, permite a identificação da área de captação efetiva sob eventos de baixa, moderada e alta magnitude, de precipitação e escoamento (SOUZA e CORREA, 2012; SOUZA, CORRÊA e BRIERLEY, 2016).

Dito isto, Souza e Correa (2012) consideraram que a área de captação efetiva é temporalmente diferente, para cada evento chuvoso (quantidade de energia) de magnitude e frequência diferente. Há, portanto, a presença dos eventos efetivos ou escalas de tempo efetivas, com eventos episódicos, que podem ser capazes de ultrapassar um impedimento em uma escala temporal efetiva. Para cada evento e sua magnitude existe uma área de captação efetiva diferenciada e diretamente envolvida. Sendo necessário avaliar os diferentes cenários, em relação aos diversos eventos efetivos e a escala de tempo efetiva. A morfologia também determina a sensibilidade da paisagem concentrando e/ou difundindo a aplicação do estresse (BRUNSDEN, 2001 FRYIRS et al., 2007; SOUZA, 2011; SOUZA e CORREA, 2012).

As interrupções na paisagem podem ser assimiladas como o grau em que qualquer fator limitante restringe a eficiência das relações de transferência de sedimentos. A exemplo *barriers*, *buffers* e *blankets* desconectados ou desligados em áreas de uma bacia hidrográfica da faixa primária de transporte de sedimentos. Isso fornece uma medida do "conceito de área de fonte variável" pelo qual a área contribuinte para o sedimento é identificada e quantificada (GRAF, 1988; FRYIRS et al., 2007). As *barriers* merecem destaque por serem unidades que interferem nos perfis longitudinais, detritos lenhosos, barragens, soleiras rochosas, blocos, estes elementos apresentam origens naturais e antropogênicas, com escalas de tempo variando de décadas a milhares de anos, e

provocam alterações nos níveis de base e no transporte de sedimentos a montante, como no gradiente e na forma de canais a jusante. As interferências longitudinais de origem antrópica, serão abordados incisivamente no tópico a seguir.

As ligações longitudinais são definidas no contexto da rede de canais e incluem relações de fluxo de montante a jusante e de fluxo do canal principal e seus afluentes (FRYIRS et al., 2007). As entradas dos afluentes nos canais principais representam outra importante zona de ligação. Se o sedimento entregue ao canal principal por um tributário se acumula na junção ou é removido a jusante, depende do limiar da energia crítica do fluxo, em outras palavras, se o fluxo da corrente resultante a jusante da junção é suficiente para transportar o sedimento fornecido. É provável que a ligação seja mais eficaz em casos de alta potência de inundação no canal principal. Em outros casos, o acúmulo ou remoção de sedimentos na zona de junção dependerá do fluxo de sedimentos do afluente relativo à energia de inundação no fluxo principal (HARVEY, 2002).

A continuidade do movimento dos sedimentos em diferentes configurações de paisagem reflete a disponibilidade de energia para impulsionar processos geomórficos que mobilizam sedimentos. A natureza da resposta do sistema à perturbação depende da sensibilidade inerente do sistema à mudança, do volume de sedimentos armazenados no sistema, da facilidade com que pode ser transmitida e da força da conectividade dentro e entre os compartimentos da paisagem (BRUNSDEN e THORNES 1979, BRUNSDEN, 2001; THOMAS, 2001; FRYIRS et al., 2007). Dado o intervalo das contingências que atuam em diferentes configurações de paisagem, as respostas aos ajustes geomórficos serão não-lineares e específicos da captação (CHORLEY e KENNEDY, 1971; PHILLIPS, 1992b; FRYIRS et al., 2007).

Em áreas semiáridas e áridas, o modelo conceitual de conectividade é muito diferente das áreas com temperaturas úmidas. Como regra geral, é mais difícil a conectividade a ser alcançada nas terras secas e ocorrendo com menor frequência do que em áreas temperadas úmidas. Isto se dá tendo em vista que o mosaico de áreas saturadas, dependem de diversos fatores, como frequência e magnitude dos eventos de precipitação, aporte hidrológico presente no solo e nas zonas hiporreica de canais, efêmeros e intermitentes, capacidade de infiltração do solo, porte da vegetação. Outrossim são as interferências antrópicas que podem interferir direta ou indiretamente na conectividade que serão objetivados no transcórrer deste trabalho (BRACKEN e CROKE 2007).



A fim de amparar o entendimento quanto as especificidades da conectividade nas regiões áridas e semiáridas, no que se refere ao transporte de sedimentos serem menores nestas áreas, se comparadas com regiões mais úmidas, onde se observa que os sedimentos permanecem armazenados por mais tempo no inteiro do sistema. Entretanto os sistemas semiáridos se sobressaem, ao movimentaram grandes quantidades de sedimentos em pulsos episódicos.

Fazendo frente aos pulsos e aos eventos de precipitação, a vegetação se apresenta determinante nas regiões semiáridas, principalmente se comparadas áreas vegetadas com áreas desmatadas ou com áreas de monocultura. Se apresenta como um amortecimento aos pingos de chuva que ao se chocarem com o solo, levando em consideração as propriedades do solo, podem por destacar partículas como selar a área impactada pelo *splash*, resistindo aos processos erosivos. A vegetação serve como barreira para o escoamento superficial e o carreamento de sedimentos nas encostas, como no canal e nas planícies de inundação. Outro efeito está relacionado ao coeficiente de infiltração, o que possibilita a infiltração no solo e respectivamente o aumento temporal de água na paisagem. A resposta da biomassa apresenta relacionamento direto com os períodos chuvosos, e com o aporte de água disponível no solo. A ação da vegetação apresenta não-linearidade e complexidades, por depender de inúmeras características para assimilar seu relacionamento na paisagem semiárida (BERGKAMP, 1998; JIONGXIN, 2005; BRACKEN e CROKE, 2007; SANDERCOCK et al, 2007; BRIERLEY, 2010; BRACKEN et al., 2013).

Tratando das escalas temporais, estas variam de acordo com os processos e formas que se almeja analisar, em outras palavras, vai variar de acordo com a escala espacial abordada. Determinados elementos desconectantes podem se manter de semanas a milhares de anos, dependendo de sua origem e seu material. As interferências temporais dependem da frequência e a magnitude em que estes eventos ocorrem, o que proporciona a capacidade de determinado impedimento ser superado/ultrapassado e assim áreas hora desconectadas possam se conectar. Como já mencionado, os impedimentos atuam desigualmente um do outro para os eventos de magnitude e frequência diferente (BRIERLEY et al., 2006; FRYIRS et al., 2007; SOUZA e CORREA, 2012).

As interrupções antropogênicas apresentam-se na paisagem através de várias formas espacialmente e temporalmente diversificadas. Seja por auxiliarem na desconectividade hidrológicas, sedimentológica e ecológicas. Estas intervenções se

fazem presentes em várias localidades de uma bacia hidrográfica, por exemplo nas encostas ou nos canais. As respostas às interferências são variadas, onde de acordo com o tipo de intervenção e onde se localizam (FRYIRS et al., 2007; SOUZA, 2011; SOUZA e CORREA, 2012; SOUZA et al. 2016). Buscando tratar de maneira mais objetiva as desconexões no interior de uma bacia hidrográfica, onde será dada ênfase as interferências longitudinais de origem antrópica, o tópico a seguir busca ampliar e contribuir para o debate para análises destas interrupções.

### **3.5 Impedimentos Longitudinais Antrópicos em Ambientes Semiáridos**

Os impedimentos longitudinais antrópicos em bacias hidrográficas nas regiões semiáridas podem variar quanto as escalas temporais e espaciais adotadas. Observando que o termo barramento não é condicionado exclusivamente aos açudes e barragens, que requerem escalas específicas, de bacia ou de canal, de anos a centenas de anos, mas sim a interrupções que impedem/interferem longitudinalmente nos fluxos de matéria e energia no interior de uma determinada bacia. Dito isto as intervenções antrópicas que provocam interrupções de fluxos na paisagem, a exemplo, além dos açudes e barragens, de rodovias, linhas férreas, passagens molhadas, barragens de sedimentos, cisternas, nivelamento de solo, comportamento histórico de uso e ocupação do solo, entre outros, provocam respostas naturais variadas, que serão especificados no desenvolvimento deste tópico (BRACKEN e CROKE, 2007; BLATON e MARCUS, 2009; VIEIRA et al., 2010; CAVALCANTI e CUNHA, 2012; CORREA, 2011; SOUZA et al. 2016).

As interrupções impactam/interferem em variados tipos de fluxos, como o de sedimentos, hidrológico, de fauna e flora, dependendo da tipologia destas interferências, com ênfase as interrupções atreladas aos fluxos de água e sedimentos por estes representarem substancialmente as funcionalidades ligadas ao sistema geomorfológico (BRIERLEY, FRYRIS, JAIN, 2006; SOUZA e CORRERA, 2012; ALMEIDA, SOUZA e CORREA, 2016).

Mudanças provocadas por intervenções podem sujeitar o sistema a buscar um novo estado de equilíbrio, que pode durar de dezenas à até mais de 100 (cem) anos, tendo em vista a capacidade do sistema se ajustar ao tipo de intervenção (CHURCH, 1995; JIONGXIN, 1990, 1996). Dependendo do tipo de intervenção, as mudanças na forma poderão ser melhor assimiladas somente após 5 ou até 50 anos depois de determinada intervenção (CAVALCANTI e CUNHA, 2012).

As intervenções antrópicas na paisagem semiárida como elementos longitudinalmente desconectantes do sistema geomorfológico, como mencionado anteriormente, são variadas em que se destacam as barragens (rusticas e de engenharia), as pontes, e as passagens-molhadas (comuns presentes em estradas rurais), que serão objeto de reflexão (FRYRIS et al., 2007; CORREA, 2011; CAVALCANTI e CUNHA, 2012; SOUZA e CORREA, 2012; SOUZA, CORREA, BRIERLEY, 2016).

As barragens, se apresentam como as principais formas desconectantes nas paisagens semiáridas, não somente pelo porte e área de captação hidráulica, mas por ser uma tecnologia historicamente presente em terras secas, especificamente no semiárido brasileiro. Estas estruturas são constituídas a partir de duas formas, através de grandes obras de engenharia, intervenções do poder público para grandes e médias barragens, construídas com maior aporte tecnológico, e as barragens rústicas/domésticas, geralmente de pequeno porte, privadas, mas que podem terem sido financiadas e/ou apoiadas pelo poder público (VIEIRA, 2003; CORREA, 2011; SOUZA, CORREA, BRIERLEY, 2016).

Por buscarem captação hidrológica, intervindo diretamente no canal e na planície de inundação e na encosta, esta tecnologia tende a capturar totalmente o fluxo de sedimento de carga de fundo, atua parcialmente no material suspenso, bem como represando todo o fluxo hídrico oriundo principalmente dos eventos de precipitação na área de captação. As modificações locais das barragens a montante a da barragem, além de interromper o transporte de sedimentos de carga de fundo: alteração o nível de base; diminuição da velocidade do fluxo; processos de assoreamento; e criação da área alagada; aumento da salinidade da água; captura significativa de sedimentos em suspensão. Os impactos gerados a jusante, a partir da parede da barragem, constam-se: o controle na regulação de fluxos de descargas; diminuição do aporte sedimentológico de carga de fundo; mudanças nas taxas de infiltração; entalhamento do canal provocada por mudança no nível de base; mudança no equilíbrio do rio; aumento da energia potencial dos fluxos a partir do *knick-point* dos vertedouros/sangradouros (PETTS, 1984; CHURCH, 1995; CUNHA, 1995, 2001; COELHO, 2008; CORREA, 2011; SOUZA e CORRÊA, 2012a).

Quanto a construção, as barragens rústicas são concebidas de diversas formas, haja vista o uso desta tecnologia no semiárido brasileiro que se faz presente desde o período colonial. Entre as formas mais utilizadas constam-se principalmente combinações de blocos de rocha e terra, as mais novas utilizam mantas impermeáveis para auxiliar a retenção e diminuir a infiltração. A falta de estudos prévios e carga de

captação faz com que barragens rústicas sejam subestimadas fazendo com que o rompimento de barragens seja susceptível em eventos extremos ou de altas magnitude. Ressalta-se que as técnicas utilizadas nas construções destas barragens podem ser lastreadas através de conhecimento empírico dos construtores como também por técnicas específicas para a construção destes aparelhos. Já as barragens de engenharia, variam também pela forma em que foram concebidas, estas podem ser construídas com concreto e ferro, como também através de combinações de terra e blocos. Entretanto esta tipologia de barragens utiliza técnicas que proporcionam uma melhor seleção de matéria-prima, como também o uso de maquinários que proporcionam maior segurança nos procedimentos de instalação da estrutura (VIEIRA, 2003; CORREA, 2011; SOUZA e CORREA, 2012a, 2012b, SOUZA et al, 2016).

As pontes desempenham papel diferenciado quanto a capacidade de interrupção e constrição de fluxos na paisagem, estas dentro da perspectiva longitudinal, servem como elementos que interferem o fluxo principalmente em eventos de moderada e alta magnitude em que os canais tendem a transbordar e ocupar planícies de inundação e terraços fluviais. O tipo de estrutura destes aparelhos que se apresentam instalados em rodovias e ferrovias vão influenciar na dinâmica fluvial. Estas estruturas condicionam a passagem dos fluxos, de forma constricta, no vão livre, agindo como impedimento, diminuindo a velocidade do fluxo a montante da construção e acentuando sua velocidade a jusante. Quanto as rodovias, estas observadas na dinâmica longitudinal dos canais, proporciona alterações de nível de base, conscrições e impedimentos (JONES et al., 2000; BLATON e MARCUS, 2009; SOUZA, 2011; SOUZA et al, 2016).

Quanto as passagens molhadas, são aparelhos tecnológicos comuns na paisagem semiárida brasileira, com o objetivo de ligar comunidades rurais no interior de municípios, ou entre municípios. Podem ser definidas como pequenos barramentos construídos com a finalidade de proporcionar travessias em pequenos rios. Funcionam como uma alternativa tecnológica à construção de pontes, para transpassar cursos fluviais, assegurando o traslado de veículos, animais e pedestres. Dentre os materiais utilizados para na confecção destacam-se: blocos, cimento, concreto, terra/saibro, manilhas de escoamento e ferro. Geralmente financiadas/confeccionadas pelo poder público das diferentes esferas de governo — municipal, estadual e federal, podem também ser construídas por particulares (CAVALCANTE, 2007; BEZERRA, 2010; CAVALCANTE et al., 2014). Bezerra (2010) levantou no Estado do Ceará, que das 380 passagens

molhadas registradas junto à Secretaria de Recursos Hídricos daquela unidade federativa, 98% eram oriundas do setor público e somente 2% eram de origem privada. Quanto as diferenças entre as pontes e as passagens molhadas, é que nesta última, já se prevê que o fluxo fluvial passa por cima da estrutura, confeccionadas no leito dos canais, não sendo suspensa/sustentadas por apoios/escoramentos ou colunas (BEZERRA, 2010).

As passagens molhadas podem apresentar, no interior da estrutura, canalizações/vãos no corpo do aparelho, geralmente no meio ou na parte inferior próxima ao leito. Estes espaços fornecem passagem “facilitada” ao fluxo de eventos de baixa e moderada magnitude, proporcionando uma melhor transmissão de sedimentos de carga de fundo e suspenso. A presença de espaços não evita que os fluxos, em eventos extremos e de alta magnitude superem a estrutura construída. A ausência destes espaços sujeita o fluxo a se conectar somente quando superado o nível do aparelho (figuras 1 e 2) (BEZERRA, 2010; CAVALCANTE et al., 2014). Dentre as modificações no canal que a passagem molhada proporciona/corroborra, destaca-se a alteração no nível de base do canal, interferência em aquíferos aluviais, sedimentação a montante e erosão a jusante e interferência no transporte de sedimentos (BEZERRA, 2010).

**Figura 1. Passagem molhada com canalizações no meio da estrutura, permitindo a passagem “facilitada” de água e sedimentos.**



Fonte: Castelo Branco, 2017.

**Figura 2. Passagem molhada sem canalizações, corroborando para o impedimento da transmissão de sedimentos à jusante.**



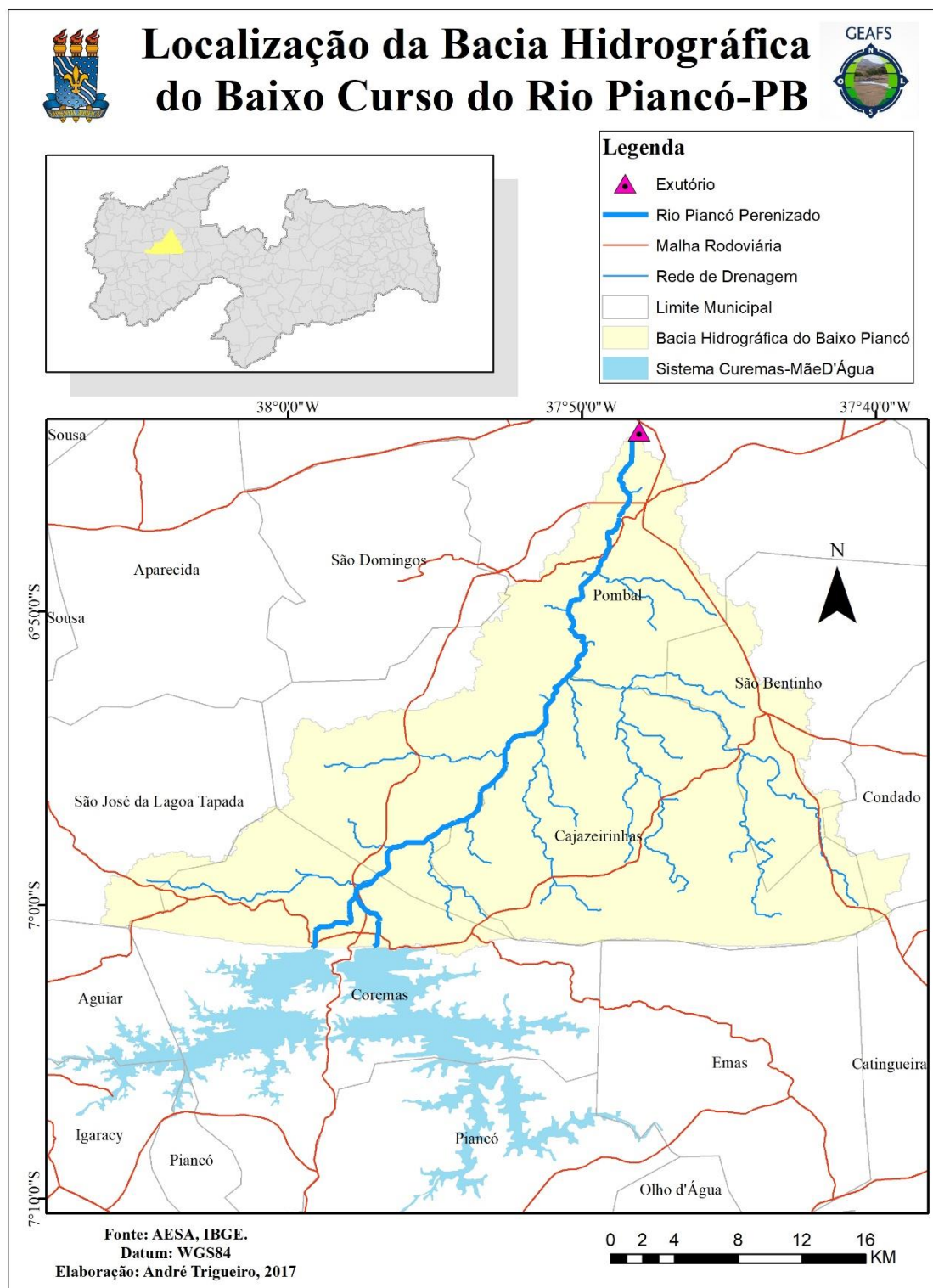
Fonte: Castelo Branco, 2017.

## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 Caracterização da Área de Estudo**

A Bacia Hidrográfica que drena para o curso do Rio Piancó, se apresenta inserida como sub-bacia do Rio Piranhas. Ela cobre a área dos municípios de Cajazeirinhas, Coremas, Condado, São Bentinho, São Jose da Lagoa Tapada, São Domingos de Pombal e Pombal (figura 3). A área de toda a Bacia Hidrográfica do Rio Piancó tem 9.242,75 Km<sup>2</sup>, deste total, apenas 774 Km<sup>2</sup> fazem parte da sub-bacia que drena para o baixo curso do Rio Piancó, esta região encontrasse inserida nas microrregiões de Piancó e Sousa e na mesorregião do sertão paraibano, encravada na depressão sertaneja (MOURA, 2007; PARAÍBA, 2009a, 2009b; CORRÊA et al., 2010).

Figura 3. Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Baixo Curso do Rio Piancó e os municípios que ela alcança.



Os aspectos geomorfológicos da região, se apresentam como uma paisagem típica do semiárido nordestino, estando inserida na unidade geoambiental da Depressão Sertaneja também chamada “Planície Sertaneja”. Caracterizada por uma superfície pediplanizada e extensa, relativamente monótona, cortado por vales estreitos e vertentes



dissecadas. Com conformação geral do relevo suave-ondulado. Comuns na região semiárida a presença de elevações residuais – *inselbergs* -, cristas e serrotes que permeiam o horizonte. Com pluviosidade média anual entre 800 a 1.200 mm, com período chuvoso entre os meses de fevereiro e junho (CPRM, 2005a,2005b, 2005c, 2005d, 2005e, 2005f; PARAÍBA, 2006a, 2006b; CORRÊA et al., 2010; CAVALCANTI, 2014).

A Geologia presente na bacia é cortada por zonas de cisalhamento transcorrentes dextrais, que correm nos sentidos W-E e WN-ES, com a presença unidades litoestratigráficas do Cenozóico, Mesozóico, Neoproterozóico, Paleoproterozóico, Arqueano, compostas com variados tipos de rochas: arenitos finos e grossos, siltitos, argilitos, granitos e granodioritos, ortognaisses, rochas máfica, e mármore, majoritariamente. Assim predomina a presença de terrenos cristalinos. Sendo os cristalinos associados aos grupos São José e Seridó, a presença de terrenos sedimentares está associada aos depósitos de aluviões de areia no vale do rio (CPRM, 2005a,2005b, 2005c, 2005d, 2005e, 2005f; MOURA, 2007).

A vegetação encontrada na bacia é de pequeno porte, peculiar da xerófila e de caatinga hiperxerófila, onde se destacam espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas, em que se destacam as cactáceas, as plantas arbustivas e arvores de médio e pequeno porte, mas que apresenta caatinga hiperxerófila com parcelas de Floresta Caducifólia (CPRM, 2005a,2005b, 2005c, 2005d, 2005e, 2005f; MOURA, 2007). No que tange ao clima da região, esta recebe influência forte da Zona de Convergência Intertropical – ZCIT-, fenômeno imponente no condicionamento do clima e das chuvas. Ao se deslocar para o hemisfério sul, ela proporciona a ocorrências das chuvas nos meses de fevereiro, março e abril no Nordeste. Onde as chuvas que por ventura ocorram nos demais meses apresentam maiores relações com os movimentos de massas de ar no Atlântico (MOURA, 2007).

A partir de Modelos Digitais de Elevação – MDE, gerados com dados ASTER – *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*, a amplitude altimétrica da área ficou entre 250 e 800 metros aproximadamente (figura 4). A bacia apresenta declividade predominante entre 5,52% e 28,41% (figura 5). Observa-se que os valores mais expressivos de altimetria e declividade são encontrados próximo e nos relevos residuais cristalinos, cristas e aos divisores topográficos da bacia, predominando assim áreas pedimentares dissecadas.

Figura 4. Mapa de altimetria da bacia hidrográfica do Rio Piancó.

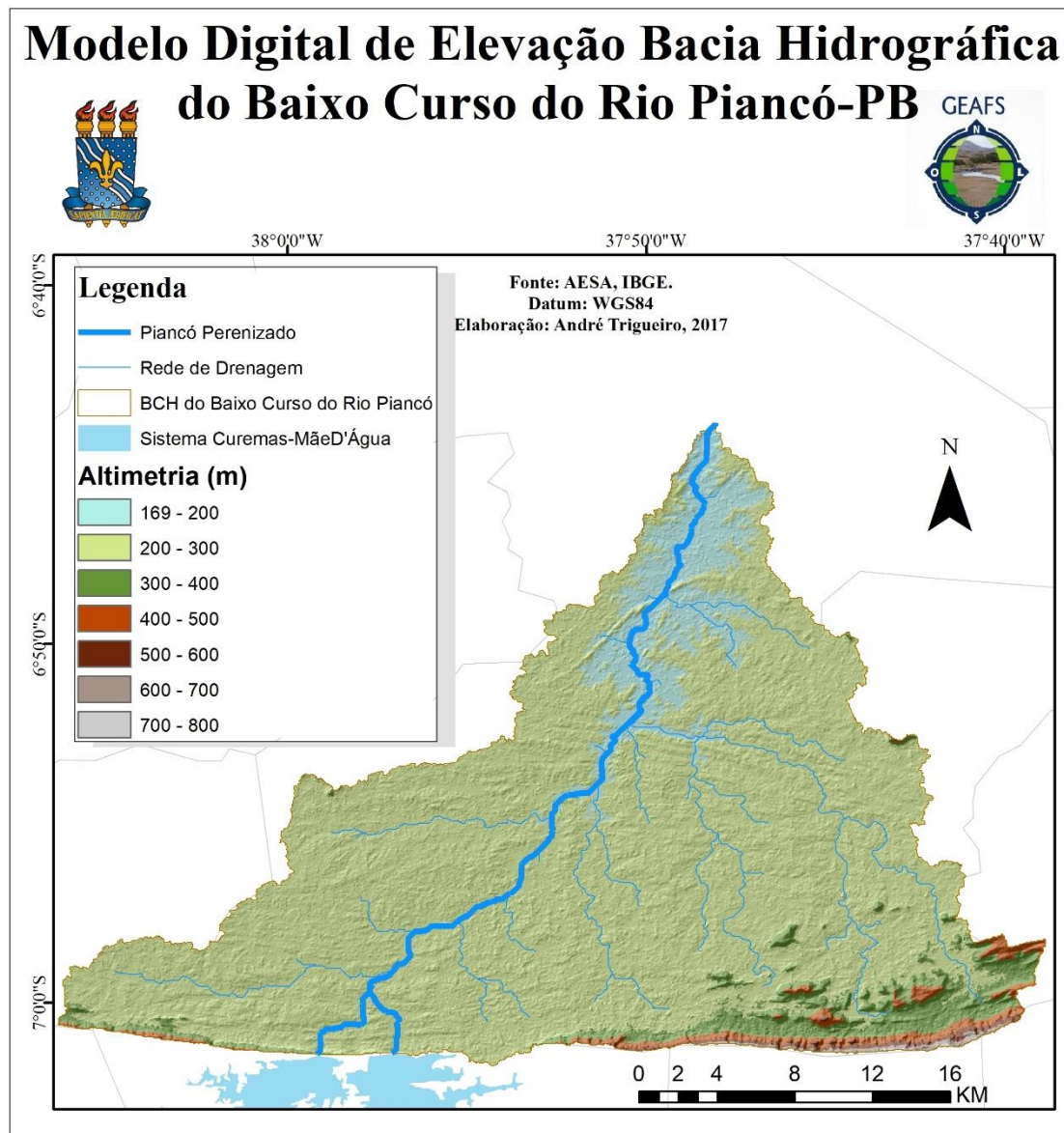
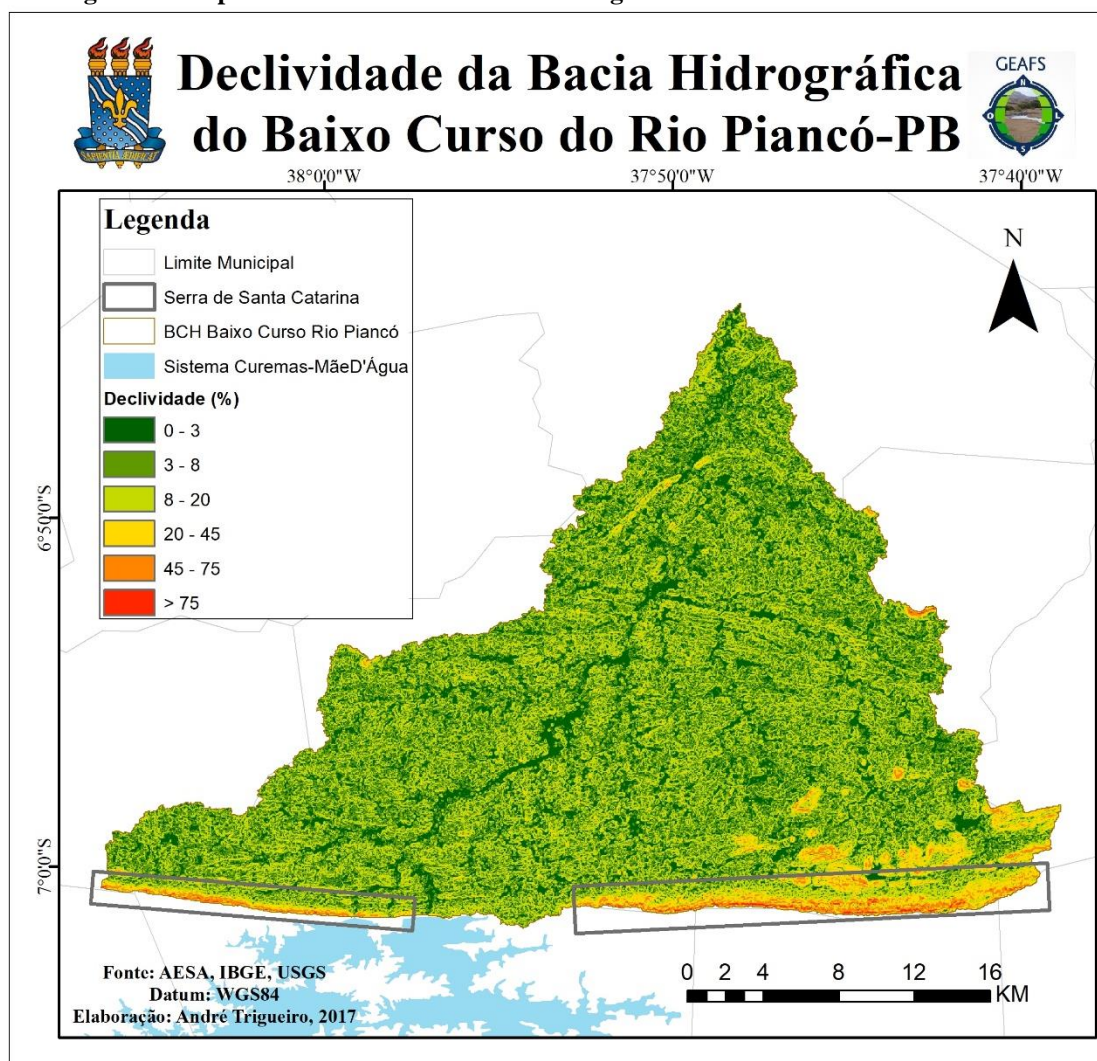


Figura 5. Mapa de declividade da bacia hidrográfica do baixo curso do Rio Piancó.



O baixo curso do Rio Piancó, inicia-se junto ao atravessamento L-O complexo da Serra de Santa Catarina, conjunto de orogênese Caledoniana. Em que o rio Piancó e seu principal afluente o Rio Aguiar, transpassaram a estrutura geológica criando assim “boqueirões”. Dentre as características desta bacia o que mais se destaca é o Sistema de Barragens de Curema-Mãe D’Água (Barragem Estevam Marinho - Curema e Barragem Egberto Carneiro da Cunha – Mãe D’Água), foram totalmente construídos nos anos de 1942 (Curema) e 1957 (Mãe D’Água), acumulam capacidade hídrica total de 1,360 bilhões de m<sup>3</sup> sendo 720 milhões m<sup>3</sup> do Curema e 638 milhões de m<sup>3</sup> do Mãe D’Água. Estas barragens barram os rios Piancó (Curema) e Aguiar (Mãe D’Água), e estão localizadas nos municípios de Coremas e Aguiar. Este sistema de barragens apresenta três formas de saída de água previstas em sua construção, a primeira, através de uma Casa de Força

contendo 2 unidades de Geração Hidroelétrica sob a responsabilidade a Companhia Hidroelétrica do Vale do São Francisco-CHESF no açude de Curemas, a segunda no vertedouro do açude de D'água e a terceira é através do Canal da Redenção (obra que tem por finalidade levar água até o açude de São Gonçalo como parte do projeto das Várzeas de Sousa, no município de Sousa). Uma das principais finalidades deste sistema de barragens, é a regularização do Rio Piancó, que corre sentido SO-NE, até ele confluir com o Rio Piranhas e seguir até o Estado do Rio Grande do Norte, chegando ao o Rio Açu. Outras finalidades estão voltadas para o abastecimento humano com sistemas de adutoras, irrigação e pecuária (MARINHO, 1939; AGUIAR, 1941; DNOCS, 2016).

## 4.2 Metodologia

Partindo da localização de elementos desconectantes, levantados a partir de análises prévias através de sensoriamento remoto, que em atividades de campo foram confirmados e caracterizados.

A partir da identificação e classificação dos impedimentos longitudinais, bem como a localização destes elementos na bacia, foi possível determinar a “área de captação efetiva”, ou seja, a área que contribui realmente ao fluxo de água e sedimentos para os canais. Com a adaptação da metodologia elaborada por Fryirs et al. (2007), em que são utilizadas 4 tipologias de classificação para elementos desconectantes: *buffers*, *barriers*, *blankets* e *boosters*. Entretanto o objeto do presente trabalho se concentra as interrupções longitudinais, *barriers* especificamente, de origem antrópica. Dito isto os esforços são voltados a analisar como as estruturas desconectantes interferem na dinâmica longitudinal da bacia (SOUZA, 2011; SOUZA e CORREA, 2012b; SOUZA, CORREA, BRIERLEY, 2016).

Quanto aos campos realizados na bacia hidrográfica, foram realizadas campanhas a fim de alcançar pontos de interesse previamente levantados. Onde os impedimentos fossem identificados e caracterizados. Para a identificação dos elementos antrópicos longitudinalmente desconectantes, foram elaboradas 5 tipologias, de acordo com elementos presentes e comuns a paisagem semiárida nordestina. As barragens rústicas pequenas, barragens rústicas médias, barragens de engenharia, pontes, e as passagens molhadas. Para cada tipo de elemento foram levantadas/aferidas informações básicas (tabela 1) a fim de amparar a delimitação das interrupções e o grau de influência que as

intervenções antrópicas proporcionam à dinâmica fluvial (FRYIRS et al., 2007; SOUZA, 2011; SOUZA e CORRÊA 2012b; SOUZA, CORREA, BRIERLEY, 2016).

**Tabela 1. Informações aferidas para cada tipologia de impedimentos.**

<b>Tipologia</b>	<b>Dados verificados</b>
<b>Barragens</b> -Rústicas Pequenas - Rústicas Médias -De engenharia	-Nível do canal para a altura da interrupção -Materiais componentes da barragem ( <i>balde<sup>1</sup> e sangradouro/vertedouro</i> ) -Se estavam rompidas/danificadas
<b>Pontes</b>	-Construção e largura da passagem da água -Se barragem a drenagem -Apresentavam barragens coladas a estrutura
<b>Passagens Molhadas</b>	-Nível do canal para altura da interrupção -O tipo de material componente -Da estrutura e forma do aparelho

Fonte: Castelo Branco, 2017.

Foram utilizados dados ASTER e SRTM – *Shuttle Radar Topography Mission*, utilizados como base na utilização de SIGs para a geração dos MDE, também conhecidos como MDT – Modelos Digitais de Terreno. Os dados ASTER, apresentaram resolução espacial de 30 m, comparado aos 90m de resolução espacial advinda do SRTM, o que proporcionou um maior detalhamento das feições do relevo. A geração da rede de drenagem da bacia hidrográfica, a partir de MDE, foi realizada através utilização do modulo SWAT – *Soil & Water Assessment Tool* do ArcGis. Os dados gerados foram tratados no *GoogleEarth* afim de corrigir traçados grosseiros e ajustar detalhes quanto as fisionomias atuais dos canais.

Identificados e classificados os impedimentos antrópicos longitudinais na rede de drenagem. A bacia hidrográfica, através do SWAT, foi dividida em sub-bacias onde elementos mapeados, foram considerados como exutórios, assim toda a área a montante das intervenções é considerada a área que drena para estas estruturas. A existência dos impedimentos gera uma série de modificações na capacidade de transmissão do sistema. A verificação se deu através das visitas de campo onde era possível identificar sinais da ocorrência destes impactos, como sedimentação, erosão, mudanças na morfologia do canal a jusante, acúmulos a montante e usos antrópicos associados.

<sup>1</sup> Balde é um termo regional, associado ao corpo de uma barragem.

Para a delimitação da área de captação efetiva da bacia foi necessário analisar como a transmissão da bacia hidrográfica se comporta, fazendo frente a vários impedimentos existentes e sob a influência de diferentes eventos de precipitação. É evidente que cada elemento desconectante se comporta de maneira diferente para cada magnitude dos eventos de precipitação. Existindo assim uma relação direta entre o tipo de impedimento com a magnitude e frequência dos eventos, o que pode sujeitar os fluxos à romperem/superarem determinados impedimentos em determinados cenários (FRYIRS et al., 2007; SOUZA, 2011; CORREA, 2011; SOUZA e CORREA, 2012b; SOUZA et al., 2016).

A área de captação efetiva foi avaliada a partir das sub-bacias, e como os impedimentos se comportam frente a eventos de baixa, moderada e alta magnitude. Assim as sub-bacias podem estar desconectadas, parcialmente conectadas e conectas, no que diz respeito a capacidade de transmissão de fluxo de água e sedimentos para as áreas subsequentes no interior da bacia hidrográfica.

Os impedimentos provocam à transmissão de sedimentos, de carga de fundo, três comportamentos, que podem mudar de acordo com a magnitude dos eventos: desconectado, retendo em quase totalidade a transmissão dos sedimentos de carga de fundo; parcialmente conectado, em que a transmissão, dos sedimentos de carga de fundo, é alcançada episodicamente, ocorrendo retenção de sedimentos a montante e consequentemente diminuição para jusante do impedimento; conectado, onde a transmissão efetiva, dos sedimentos carga de fundo, em que o impedimento é ultrapasso ou superado, é atingida (FRYRS et al, 2007; SOUZA, 2011; SOUZA, CORRÊA, BRIERLEY, 2016).

Para análise destas informações foram elaborados mapas apresentando como a bacia subdividida vai se apresentar em cada magnitude de eventos (baixa, moderada e alta). Outrossim é a quantificação das áreas de captação efetiva de cada evento, apresentando quais áreas da bacia ficam desconectadas, parcialmente conectadas e conectas.

## 5 RESULTADOS E DISCURSÕES

Os elementos antrópicos desconectantes longitudinalmente, verificados *in loco*, de acordo com a tipologia prevista na metodologia aplicada, onde foram verificadas áreas de cabeceira de drenagem, no meio da bacia e próximo ao exutório (confluência com o Rio Piranhas). Dentre os caminhos utilizados priorizou-se o uso de estradas rurais para alcançar maior quantidade de áreas mapeadas (Figura 6).

**Figura 6. Mapa com as estradas rurais percorridas no interior da Bacia Hidrográfica.**



Como destacado por Cavalcante e Cunha (1992), o semiárido brasileiro se apresenta como uma das áreas do globo terrestre com maior quantidade de reservatórios superficiais. Dito isto foi notória que dentre as intervenções antrópicas na bacia hidrográfica do baixo curso do rio Piancó, as barragens são predominantes — sendo

maioria as barragens rústicas em áreas rurais. Outras estruturas como pontes e passagens molhadas também foram verificadas, no interior da bacia (figura 7).

**Figura 7. A – Ponte de concreto sobre leito rochoso de canal intermitente, com constrição de vale fluvial; B - Barragem rústica com estrutura de blocos encaixadas e terra; C - Passagem molhada de blocos e cimentos em estrada rural; D - Barragem rústica com balde de terra com mantas impermeáveis.**



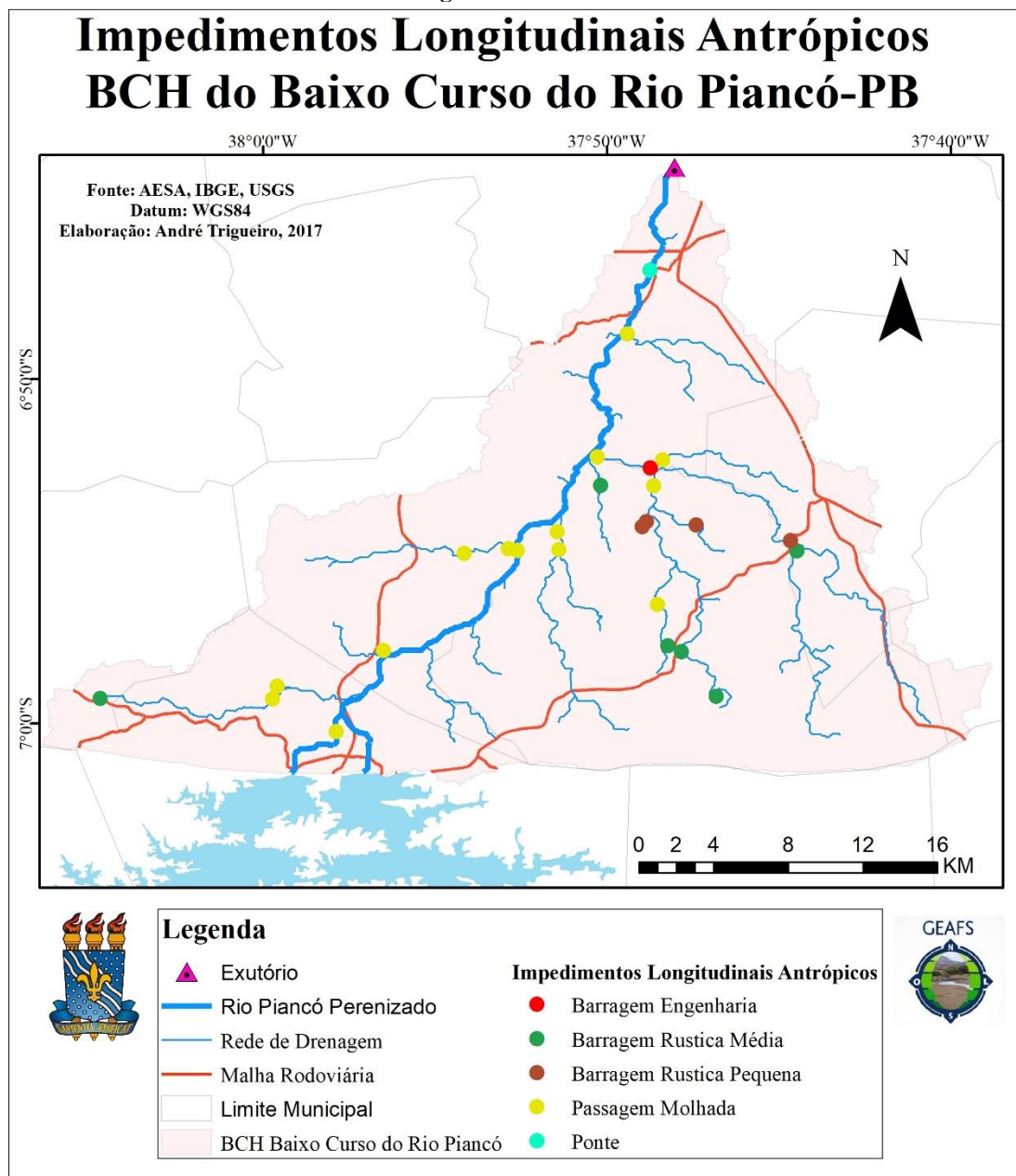
Fonte: Castelo Branco, 2017.

As imagens A, B, C e D apresentadas na figura 7, representam as intervenções antrópicas mais frequentes na paisagem semiárida, mas que as barragens se destacam entre as demais devido a capacidade de abrangência que estes aparelhos apresentam, seja no tamanho da estrutura ou na área de influência após sua instalação.

Nos impedimentos identificados, foram verificadas informações, quanto a identificação dos materiais que compunham a estrutura, a altura do objeto para o leito do canal, informações quanto a erosão e sedimentação a montante e jusante e a extensão das estruturas. Assim foram atingidos no esforço amostral 26 pontos de elementos longitudinais antrópicos (figura 8). Presentes na paisagem semiárida, os barreiros são estruturas semelhantes a barragens, só que enquanto as barragens buscam alcançar canais e linhas de drenagem, os barreiros são instalados nas encostas, e apresentam área de captação ínfima, não interferindo diretamente na dinâmica longitudinal dos canais, não tendo sido trabalhados.



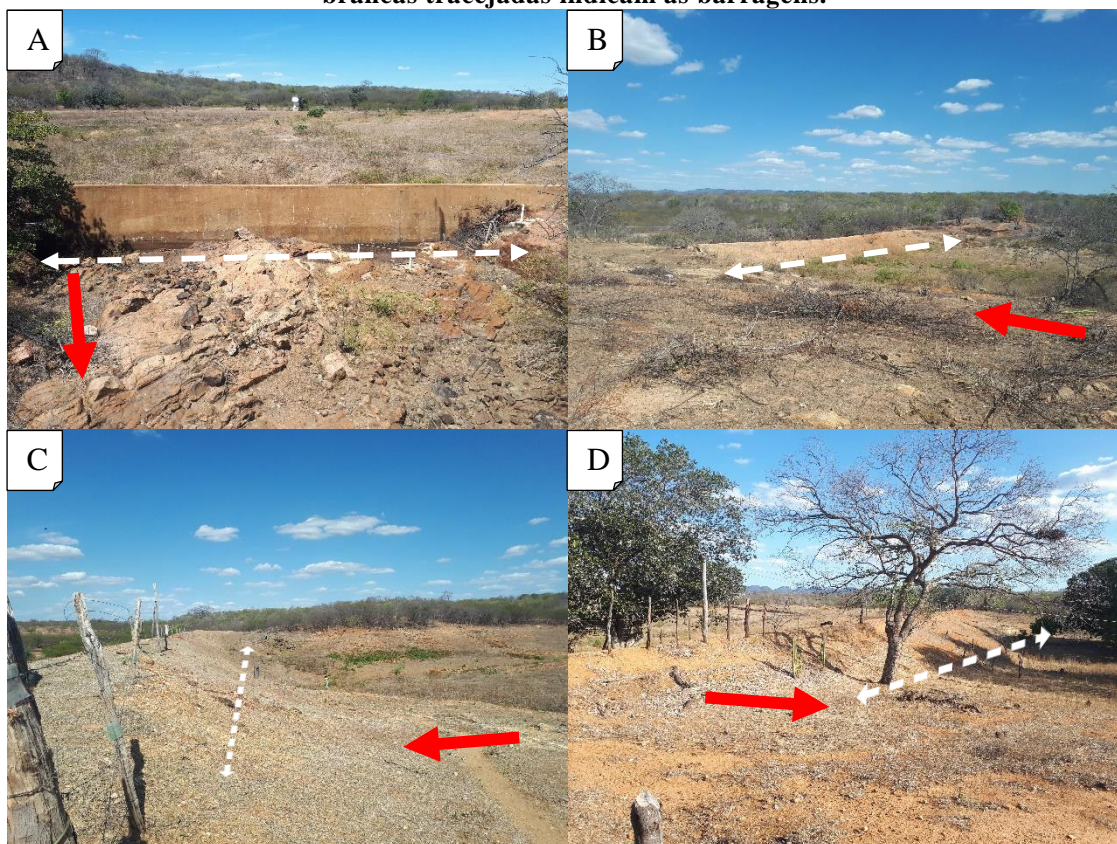
Figura 8. Mapa com localização e classificação dos impedimentos longitudinais antrópicos no interior da bacia hidrográfica do baixo curso do Rio Piancó.



As barragens visitadas, foram classificadas entre rústicas, de pequeno e médio porte, e barragens de engenharias. A diferença do material utilizado na construção dos aparelhos não variava de uma para outra, sendo frequente encontrar barragens rústicas construídas com terra, blocos e nas de engenharia somasse a utilização de ferro e concreto. A variação entre as barragens era verificada na forma como estas eram construídas, que variava consideravelmente entre as rústicas e as de engenharia.

As barragens rústicas pequenas são constituída de terra, blocos e mantas impermeáveis, onde as mantas são encontradas nas recentemente construídas, foram visitadas 04 (quatro) unidades deste tipo, são geralmente erguidas com o apoio de maquinário, apresentam de 30 a 170 metros de extensão do balde como exposto na figura 9, a imagem A apresenta uma barragem de concreto sobre leito rochoso, as imagens B, C e D são barragens de terra.

**Figura 9. A – barragem de concreto sobre leito rochoso; B – barramento de terra em área de cabeceira de drenagem, pouco profundo do leito para a altura do balde; C – barragem de terra profunda com retenção de sedimentos; D – Barragem de terra, com cultivo de frutíferas e pastos após o barramento. Setas vermelhas indicam o sentido da drenagem. Setas brancas tracejadas indicam as barragens.**

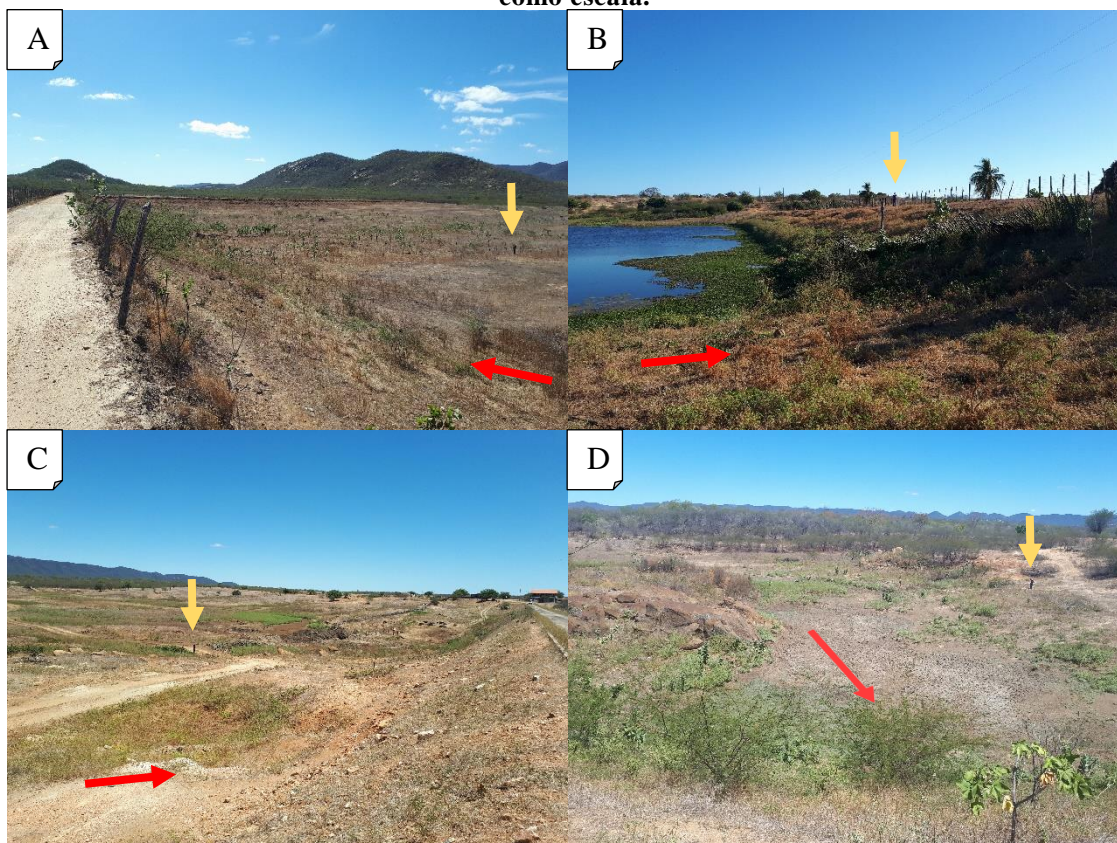


Fonte: Castelo Branco, 2017.

As rústicas médias, se diferenciavam primeiramente pela extensão do balde, que constava a partir de 150 a 400 metro de extensão, como também pela altura do leito da barragem para o nível do balde, estas barragens foram construídas de maneira semelhante as barragens rústicas de pequeno porte, mas que foram constituídas para captar áreas maiores e conseqüentemente suportar a carga dos fluxos e eventos de magnitudes variadas, tendo sido visitadas 06 (seis) unidades deste tipo, estas barragens apresentam além da profundidade apresentam uma maior capacidade de retenção de sedimentos de carga de fundo, demonstrados nas imagens B, C e D da figura 10, a imagem A se destaca

entre as demais por apresentar maior extensão, proporcionando uma superfície alagada ampla.

**Figura 10.** A – Barragem rústica média com extensão de 660m aproximadamente, em área próxima de cabeceira, com barragens a montante; B – barragem com água, em área de cabeceira de drenagem, com aproximadamente 230m de extensão; C – barragem média de terra com aproximadamente 323m de comprimento, com uso do leito seco para pecuária e agricultura; D – barragem de terra com aproximadamente 150m de extensão, mas com profundidade superior as demais desta categoria com 15 metro do leito para a barragem. Setas vermelhas indicam o sentido da drenagem. Setas amarelas indicam pessoa servindo como escala.

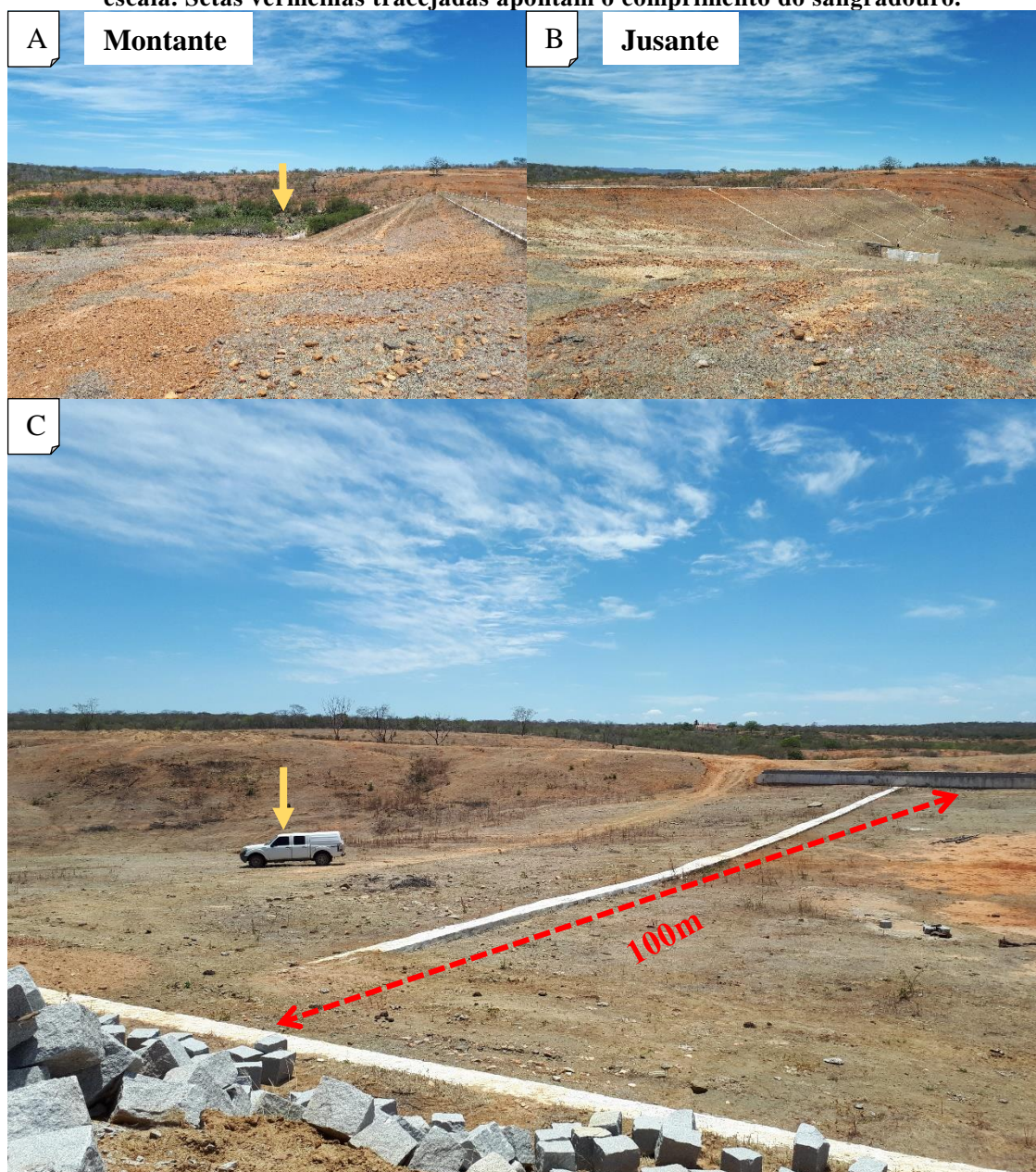


Fonte: Castelo Branco, 2017.

Quanto as barragens de engenharia, apenas 01 (um) elemento desta tipologia foi visitada, com extensão 200 metros, inferior as demais barragens, mas que se diferencia pela forma de construção, materiais utilizados, técnicas utilizadas na construção, altura do leito do fundo da barragem para a altura do balde, com estruturas capazes de suportar pressões maiores, a figura 11 apresenta nas imagens A e B, a face da barragem a montante e a jusante respectivamente, atestando o porte da estrutura e a forma do barramento, em comparação com as barragens rústicas pequenas e médias. A imagem C, registra a extensão do sangradouro da barragem, que é de aproximadamente 100m.

**Figura 11.** A – Face da barragem a montante, apresentando sedimentação no fundo e ponto de captação de sistema adutor; B – perspectiva a jusante da barragem; C – sangradouro da

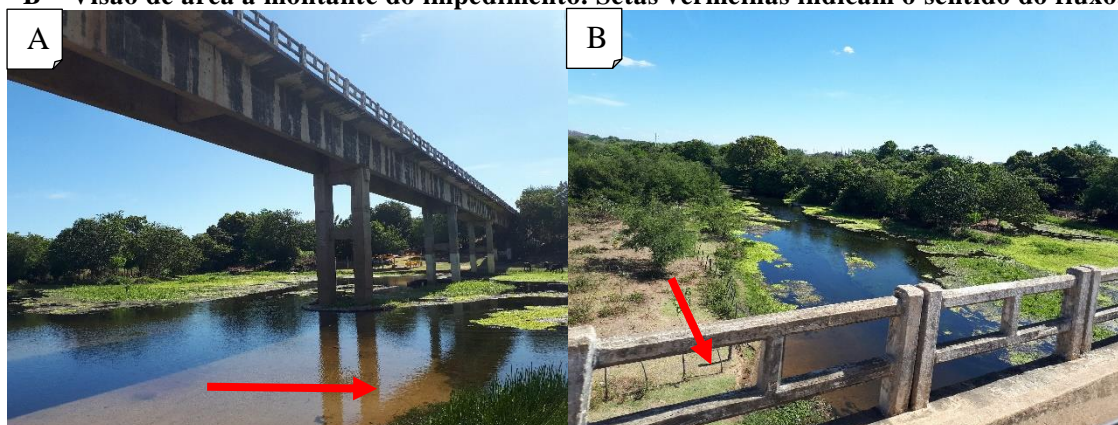
barragem com aproximadamente 100m de extensão. Setas amarelas pontos para noções de escala. Setas vermelhas tracejadas apontam o comprimento do sangradouro.



Fonte: Castelo Branco, 2017.

As pontes foram identificadas junto as rodovias, mas somente uma que passa no leito principal do Rio Piancó perenizado, os demais aparelhos localizam-se em rios intermitentes e efêmeros. Tendo sido visitada e classificada somente 01 (uma) unidade deste tipo visto na figura 12, a constante no canal principal, próximo ao perímetro urbano do município de Pombal. Isto se deu devido as demais pontes estarem associadas a barragens, próximas ou acopladas as suas estruturas, tendo sido enquadradas como barramentos rústicos.

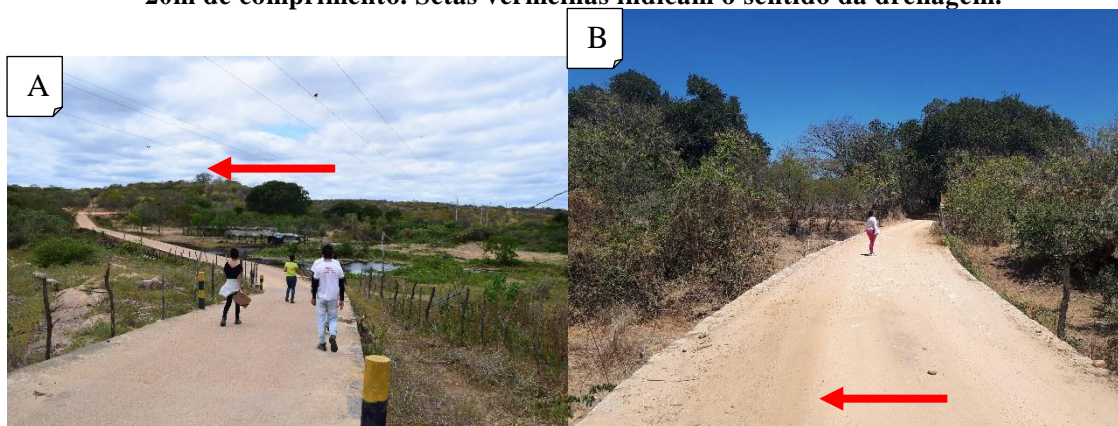
**Figura 12. A – Perspectiva longitudinal da ponte sobre curso perenizado do rio Piancó, estrutura de concreto e ferro, com fundação diretamente instalada no leito do canal fluvial; B – Visão de área a montante do impedimento. Setas vermelhas indicam o sentido do fluxo.**



Fonte: Castelo Branco, 2017.

Quanto as passagens molhadas, foram visitadas 14 (quatorze) unidades espalhadas pela bacia, mas que se concentram próximas as áreas de confluência de tributários com o Rio Piancó ou em seu leito principal. As extensões destes aparelhos variam de acordo com a superfície da localidade em que estão instalados, foram aferidas estruturas que mediam de 20 a 160 metros como exposto na figura 13. A forma de construção destas intervenções variou entre passagens molhadas com canalizações no meio da estrutura e estruturas fechadas.

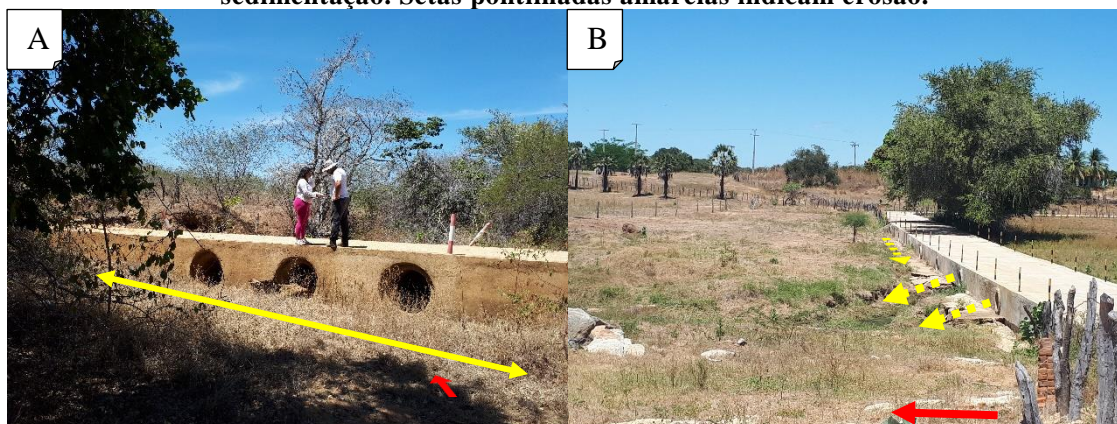
**Figura 13. A – passagem molhada sobre o rio Aguiar perenizado, com aproximadamente 160m de extensão; B – passagem molhada sobre canal intermitente, com aproximadamente 20m de comprimento. Setas vermelhas indicam o sentido da drenagem.**



Fonte: Castelo Branco, 2017.

Esta duplicidade de formas de construção provoca comportamentos específicos em cada tipo de estrutura. Os aparelhos com a presença de canalizações, que mesmo interferindo na transmissão de água e sedimentos, permitem que os sedimentos (em suspensão e de carga de fundo) ultrapassem a estrutura através de fluxos pouco expressivos, de baixa e moderada magnitude como abordado da figura 14.

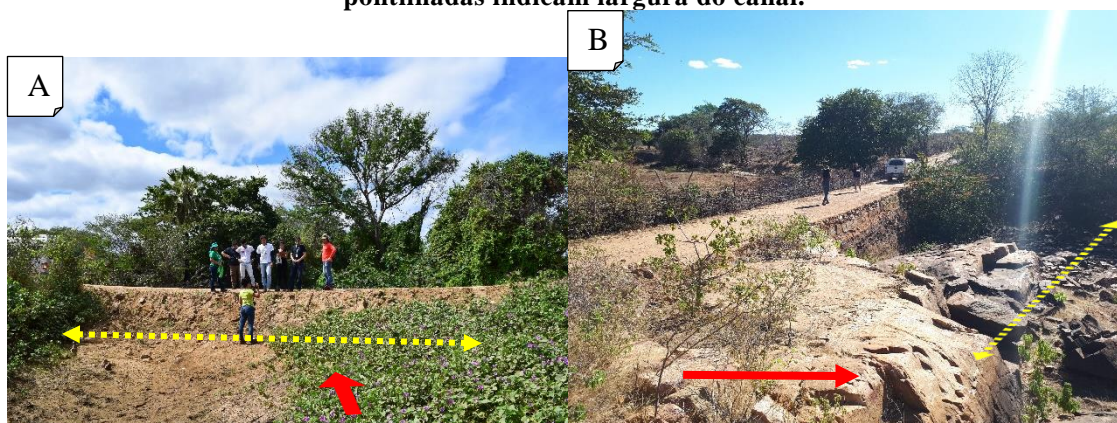
**Figura 14. A – montante de passagem molhada, com a presença de canalizações em sua estrutura, presença de sedimentos no nível das canalizações; B – Vista de porção a jusante de passagem molhada que contém canalizações, observada a erosão após a estrutura do aparelho. Setas vermelhas indicam sentido do fluxo. Setas amarelas contínuas indicam sedimentação. Setas pontilhadas amarelas indicam erosão.**



Fonte: Castelo Branco, 2017.

As passagens molhadas que não dispõem destas canalizações ou espaços, que permitam a passagem de fluxo de baixa e média vazão, podem ser associados a pequenas barragens, inseridas diretamente, nos leitos dos rios. Capturando assim os sedimentos, principalmente os de carga de fundo, que a transmissão de sedimentos só poderá se fazer conectada em eventos em que o fluxo supere o nível da estrutura como representado na figura 15.

**Figura 15. A – lateral da passagem molhada de terra, com aproximadamente 1,5m da altura do leito para o topo da lateral, apresentando sedimentação a montante, para a transmissão ser atingida o fluxo precisa superar o impedimento; B – Passagem molhada de blocos e cimento, sem canalização, com sedimentação a montante e erosão a jusante, presença de soleira rochosa no canal a jusante, que tende a diminuir o potencial erosivo do fluxo quando superar o impedimento. Setas vermelhas indicam o sentido da drenagem. Setas amarelas pontilhadas indicam largura do canal.**



Fonte: Castelo Branco, 2017.

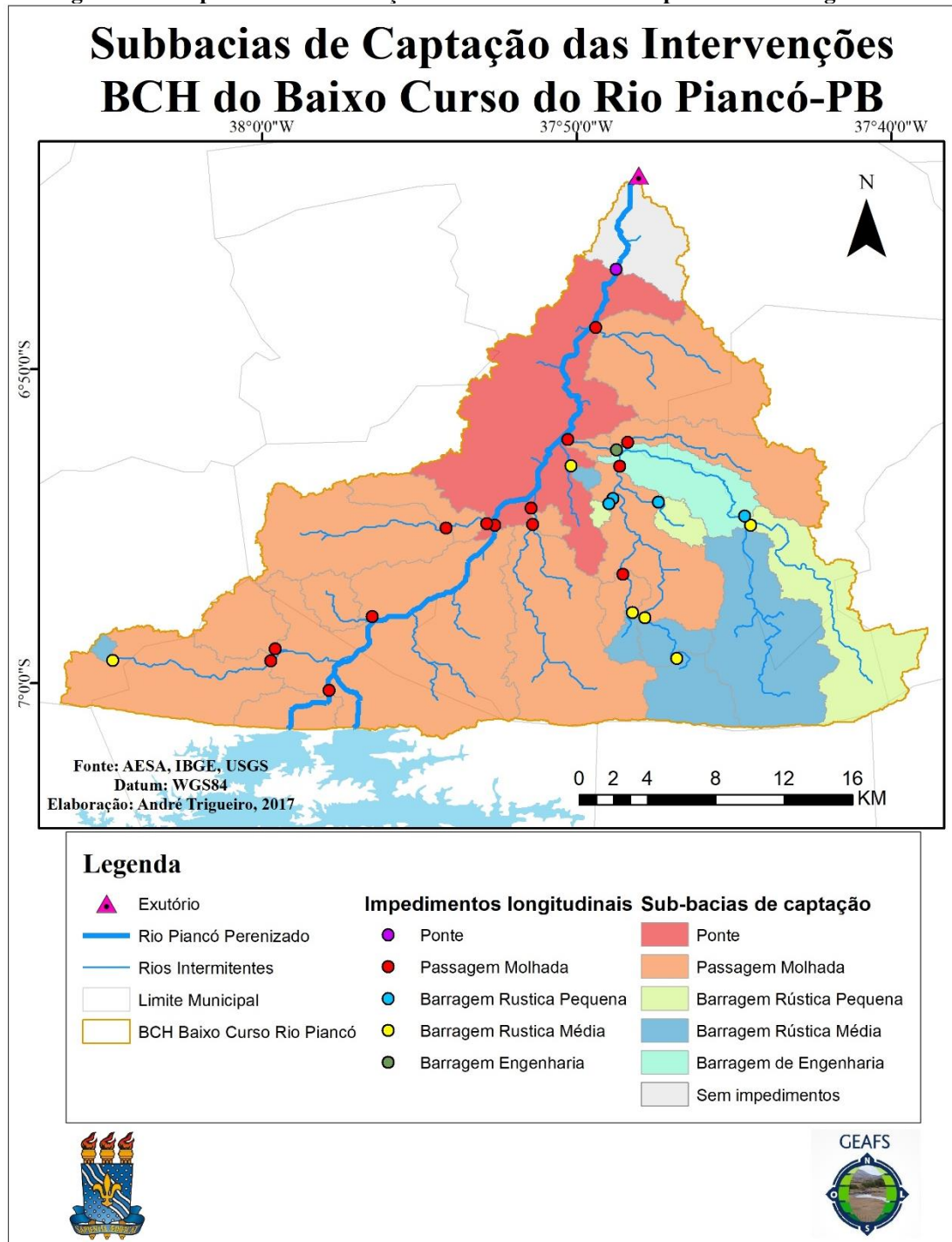
Através da localização dos impedimentos desconectantes e sua respectiva classificação, foi possível analisar como a dinâmica da transmissão de sedimentos de carga de fundo, é impactada pelos tipos de intervenções e como estas estruturas vão se

comportar em eventos de magnitude baixa, magnitude moderada e magnitude alta. A figura 16, apresenta o mapeamento dos impedimentos longitudinais e suas sub-bacias de captação. A capacidade das intervenções longitudinais interferir/impedir o fluxo de sedimentos de carga de fundo vai variar de acordo com as características da estrutura instalada.

A tabela 2 destaca como as pontes, passagens molhadas, barragens rústicas pequenas, barragens rústicas médias e as barragens de engenharia, e seus comportamentos, a respeito da transmissão de sedimentos de carga de fundo, frente as magnitudes dos eventos. Dito isto verificou-se que as passagens molhadas e pontes apresentam comportamentos na transmissão semelhantes, parcialmente conectados, em eventos de magnitude baixa, mas que as pontes perdem a capacidade de interferir na transmissão de sedimentos a partir de eventos de magnitude moderada e alta com comportamento conectado para estes eventos. As passagens molhadas, ainda exercem influência até eventos de magnitude moderada, deixando a transmissão parcialmente conectada, somente nos eventos de magnitude alta, é que suas estruturas perdem a capacidade de interferir na transmissão.

As barragens rústicas pequenas e médias, juntamente com as barragens de engenharia se comportam igualmente em eventos de magnitude baixa, desconectado o fluxo, mas que a partir dos eventos de magnitude moderada, as barragens rústicas pequenas começam a se diferenciar, por apresentarem estruturas menores, começam a ser superadas e conseqüentemente tornando a transmissão parcialmente conectada, nos eventos de magnitude alta já não exercem mais influência, sendo rompidas permitindo a transmissão conectadas. As barragens rústicas médias conseguem suportar eventos de magnitude moderada, mantendo a desconexão na transmissão de sedimentos de carga de fundo, mas que em eventos de magnitude alta, são superadas, mas não rompidas, tornando a transmissão parcialmente conectada. As barragens de engenharia, se matem desconectantes em todos os eventos, retendo os sedimentos de carga de fundo que somente poderão ser remobilizados quando a estrutura do impedimento for rompida em eventos extremos.

Figura 16. Mapa com a delimitação das sub-bacias e os impedimentos longitudinais.





**Tabela 2. Comportamento dos impedimentos frente a eventos e suas magnitudes.**

Elementos Antrópicos	Magnitude <b>Baixa</b>	Magnitude <b>Moderada</b>	Magnitude <b>Alta</b>	<b>NOTAS</b>
<b>PONTES</b>	Parcialmente conectado	Conectado	Conectado	Provocam constrição na seção lateral do canal, fazendo com que em evento os de magnitude baixa o fluxo sofra interferências da estrutura.
<b>PASSAGENS MOLHADAS</b>	Parcialmente conectado	Parcialmente conectado	Conectado	Em eventos de baixa e moderada magnitude interfere no transporte de sedimentos de carga de fundo. Nos eventos de alta elas são ultrapassadas pelo fluxo.
<b>BARRAGENS RÚSTICAS PEQUENAS</b>	Desconectado	Parcialmente conectado	Conectado	Em eventos de baixa magnitude 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 DE 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: Castelo Branco, 2017.

A ponte sobre o rio Piancó interfere através de partes de sua estrutura que estão fixadas no leito fluvial em eventos de baixa magnitude, haja vista que a base das colunas provoca alteração no nível do leito e funcionam como obstáculo à transmissão (figura

17). Entretanto, essa interferência já não faz presente em eventos de magnitude moderada e alta, pois devido aos volumes de fluxo nestes eventos, a estrutura da ponte não consegue exercer influência na transmissão.

**Figura 17. A – visão do canal principal com estrutura da ponte presente no leito do canal; B – detalhe da fundação da ponte no leito do rio Piancó; C – visão de área a montante da ponte, apresentando planície de inundação e largura do canal. Setas vermelhas indicam o sentido do fluxo.**

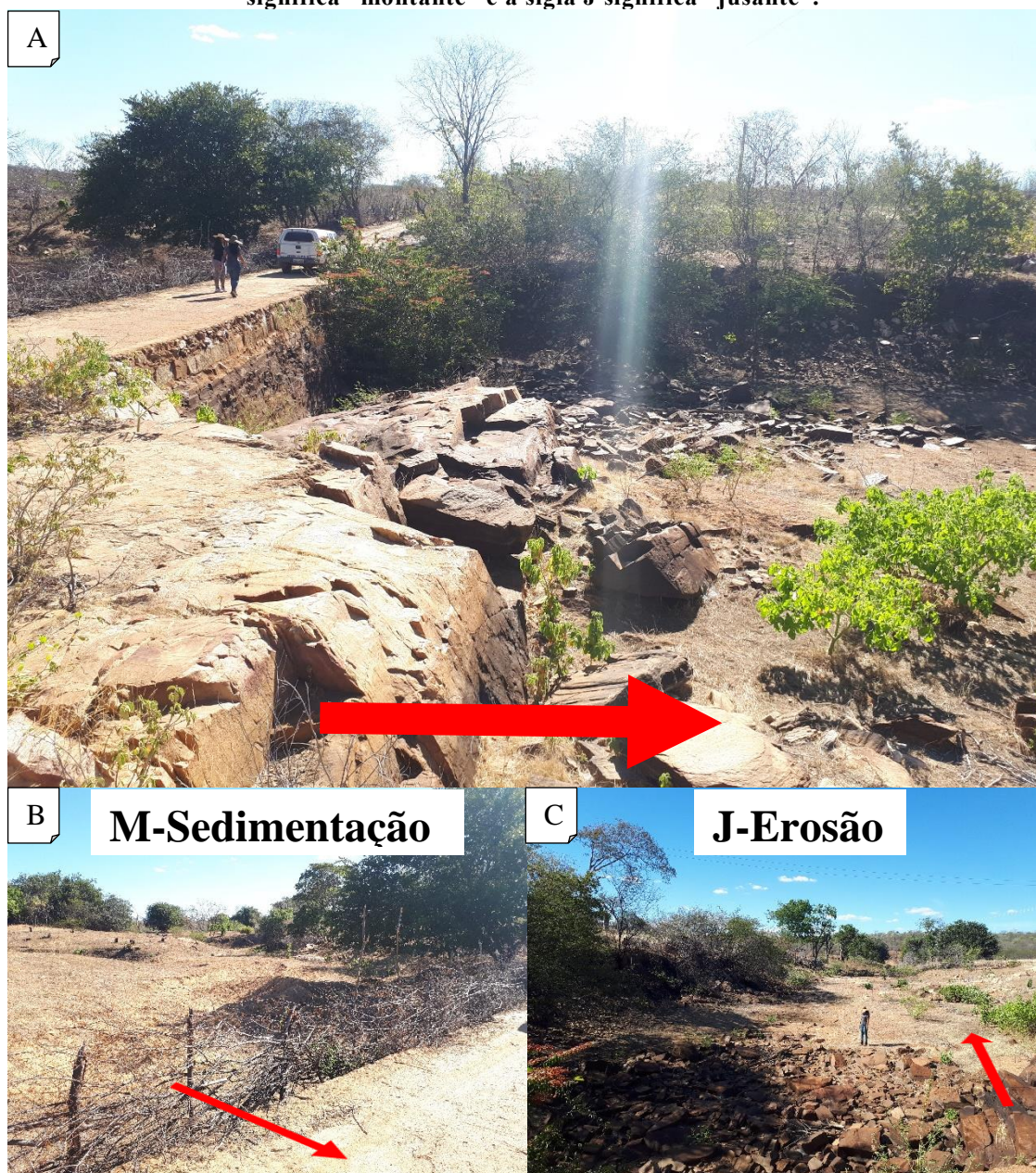


Fonte: Castelo Branco, 2017.

As passagens molhadas apresentam comportamento semelhante as pontes, por permitirem a transmissão, parcialmente conectada ou conectada, de acordo com a magnitude. Isto se dá devido a estes aparelhos já preverem a passagem de fluxos. Como já mencionado, algumas das passagens molhadas não apresentam canalizações que permitam a passagem facilitada do fluxo de sedimentos (figura 18). Os outros aparelhos visitados apresentavam canalizações para acesso dos fluxos (figura 19). Independentemente das características descritas, os impactos provocados pela presença das passagens molhadas eram comuns a ambas. A presença de sedimentação a montante

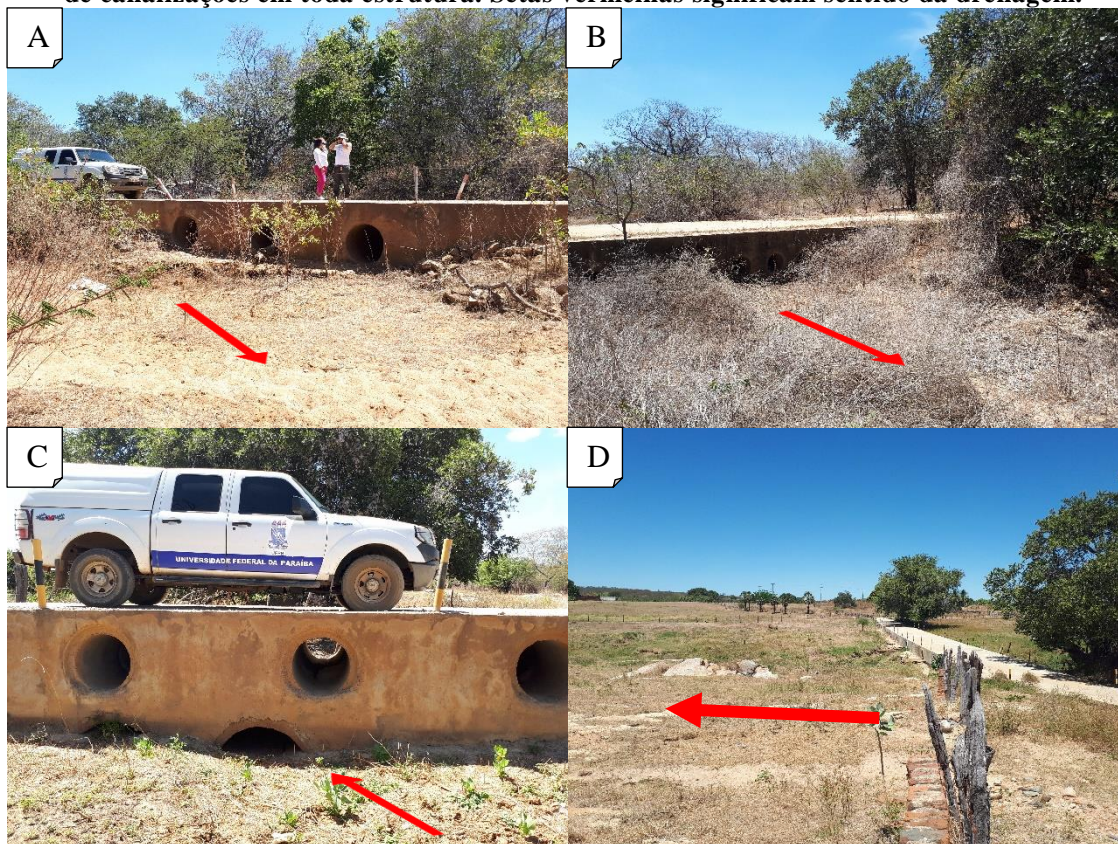
e erosão a jusante, por mudança nos níveis de base, foram comuns a todas as estruturas visitadas, mudança na morfologia do canal (figura 20).

**Figura 18. A –** Passagem molhada, sem a presença de canalizações com incisão do canal a jusante do barramento; **B –** Porção a montante da passagem molhada com a presença de sedimentação; **C –** Visão a jusante da passagem molhada, com erosão do canal, com aproximadamente 2m do leito do canal par a altura do impedimento, presença de soleira rochosa, com rochas “lavadas”. Setas vermelhas significam o sentido da drenagem. A sigla M significa “montante” e a sigla J significa “jusante”.



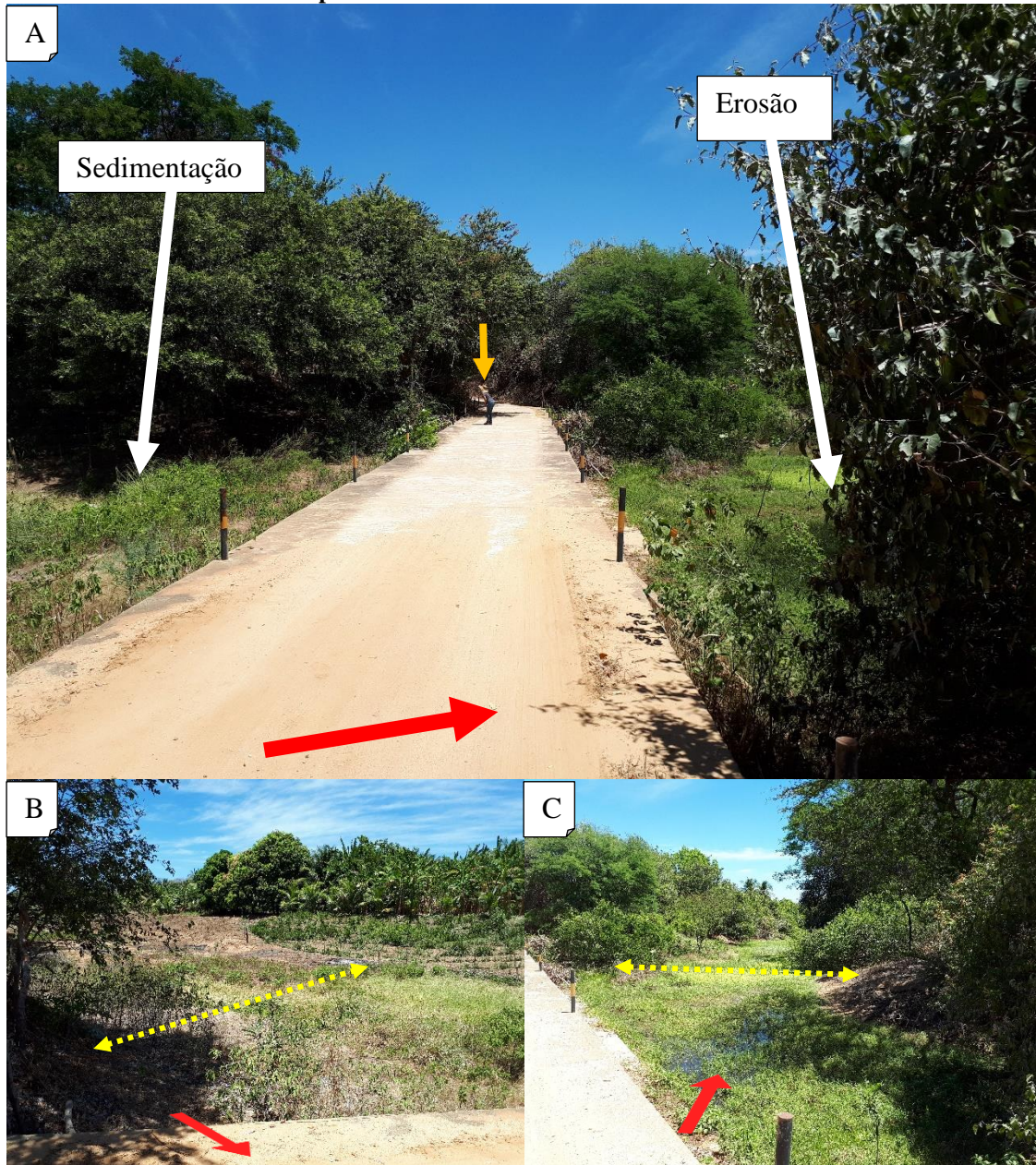
Fonte: Castelo Branco, 2017.

**Figura 19. A – a jusante de passagem molhada com a presença de sedimentos, atestando a passagem facilitada; B – Passagem molhada a jusante com sedimentação, com granulometria mais finas quando comparados aos sedimentos a montante, presença de canalizações; C – Montante de passagem molhada com canalizações, onde a sedimentação preencheu canalizações próximas ao leito; D – Jusante de passagem molhada alongada com a presença de canalizações em toda estrutura. Setas vermelhas significam sentido da drenagem.**



Fonte: Castelo Branco, 2017.

Figura 20. A - Passagem molhada demonstrando alteração no nível de base e na morfologia do canal, atrelada a processo de sedimentação a montante e erosão a jusante; B – porção a montante da passagem molhada, com sedimentação e atividades antrópicas associadas; C – Jusante da passagem molhada, com erosão e incisão do canal. Setas vermelhas indicam o sentido da drenagem, setas laranjas indicam pessoa servido de escala, setas duplas amarelas pontilhadas delimitam o canal fluvial.



Fonte: Castelo Branco, 2017.

Foram verificadas diferenças entre as passagens molhadas localizadas em cursos de rios intermitentes e efêmeros na bacia, para as estruturas localizadas no leito perenizado do Rio Piancó. Enquanto que nas primeiras, a transmissão de água e sedimentos, vão se fazer obedecendo o comportamento climático do semiárido através de pulsos (figura 21). As localizadas no trecho perenizado apresentam transmissão contínua de água e sedimentos (figura 22), mesmo que variando com a vazão liberada pelo sistema de açudes Curemas-Mãe-d'água. Estas diferenças não deixam as passagens molhadas em cursos perenes excetuadas de provocarem impactos destacados a este tipo de impedimento.

**Figura 21. Passagem molhada sem canalizações, composta de blocos e cimento, com sedimentação ultrapassando o nível da estrutura a montante.**



Fonte: Castelo Branco, 2017.

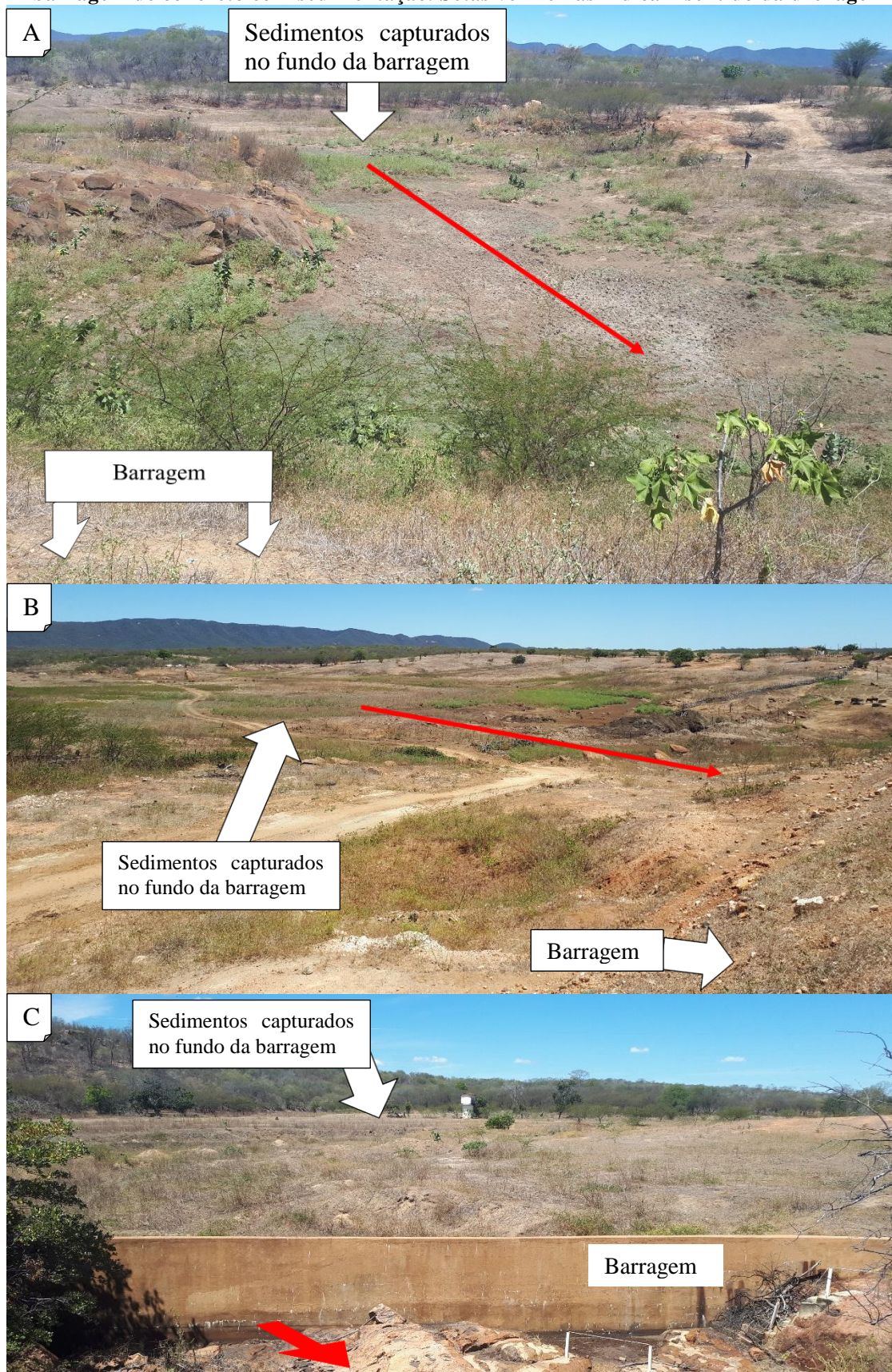
**Figura 22. Passagem molhada no canal perenizado do Rio Piancó, com transmissão de sedimentos de carga de fundo facilitada.**



Fonte: Castelo Branco, 2017.

As barragens se destacam dos demais elementos devido a capacidade destes aparelhos reterem/capturarem, quase totalmente, a carga de sedimentos de fundo, e expressivamente, a carga de sedimentos em suspensão (figura 23). Os sedimentos de fundo depositados no leito das barragens somente poderão ser remobilizados, quando ocorrerem episódios naturais extremos, a ruptura das barragens que lhes aprisionam.

Figura 23. A – Barragem de terra com retenção de sedimentos; B – barragem se terra, com ocupação do leito seco para pecuária e agricultura, sedimentos retidos no fundo; C – barragem de concreto com sedimentação. Setas vermelhas indicam sentido da drenagem



Fonte: Castelo Branco, 2017.



Identificados e localizados os impedimentos e como estes elementos vão impactar na capacidade do fluxo, é então necessário abordar a relação entre os eventos e as estruturas, para assim elaborar a área de captação efetiva de captação da bacia hidrográfica. Como já abordados, a conectividade está associada a capacidade de transmissão de sedimentos, principalmente os de carga de fundo. Com isto as bacias identificadas como desconectadas, apresentam capacidade de quase que totalmente o sedimento, não permitindo que a estrutura seja superada. Aquelas enquadradas como parcialmente conectadas, ocorrem pela transmissão de sedimentos ser atingida de forma parcial episódica, com fluxo de carga em suspensão. As bacias apontadas como conectadas, se dá quando há transmissão onde os impedimentos são superados pelos fluxos. Feito os apontamentos quanto ao trato das informações de desconexão, conexão parcial e conexão, é possível identificar a área de captação efetiva da bacia relativa a cada evento em eventos de baixa (figura 24), moderada (figura 25) e alta (figura 26) magnitude. É relevante associar que a área de captação efetiva é atrelada a área que contribui diretamente com sedimentos de carga de fundo e em suspensão para os canais.

Figura 24. Mapa da área de captação efetiva em eventos de magnitude baixa, da BCH do baixo curso do Ria Piancó.

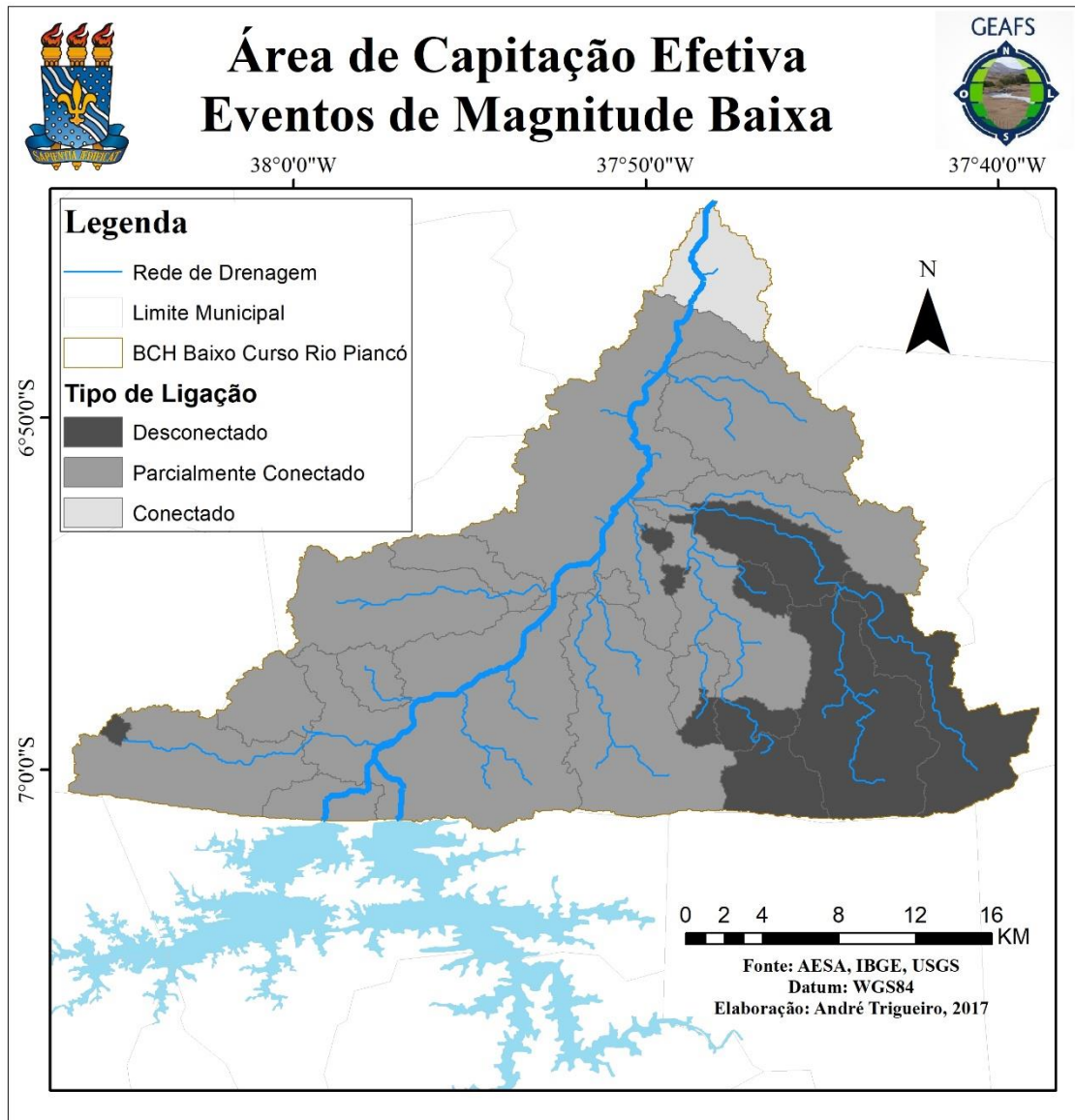
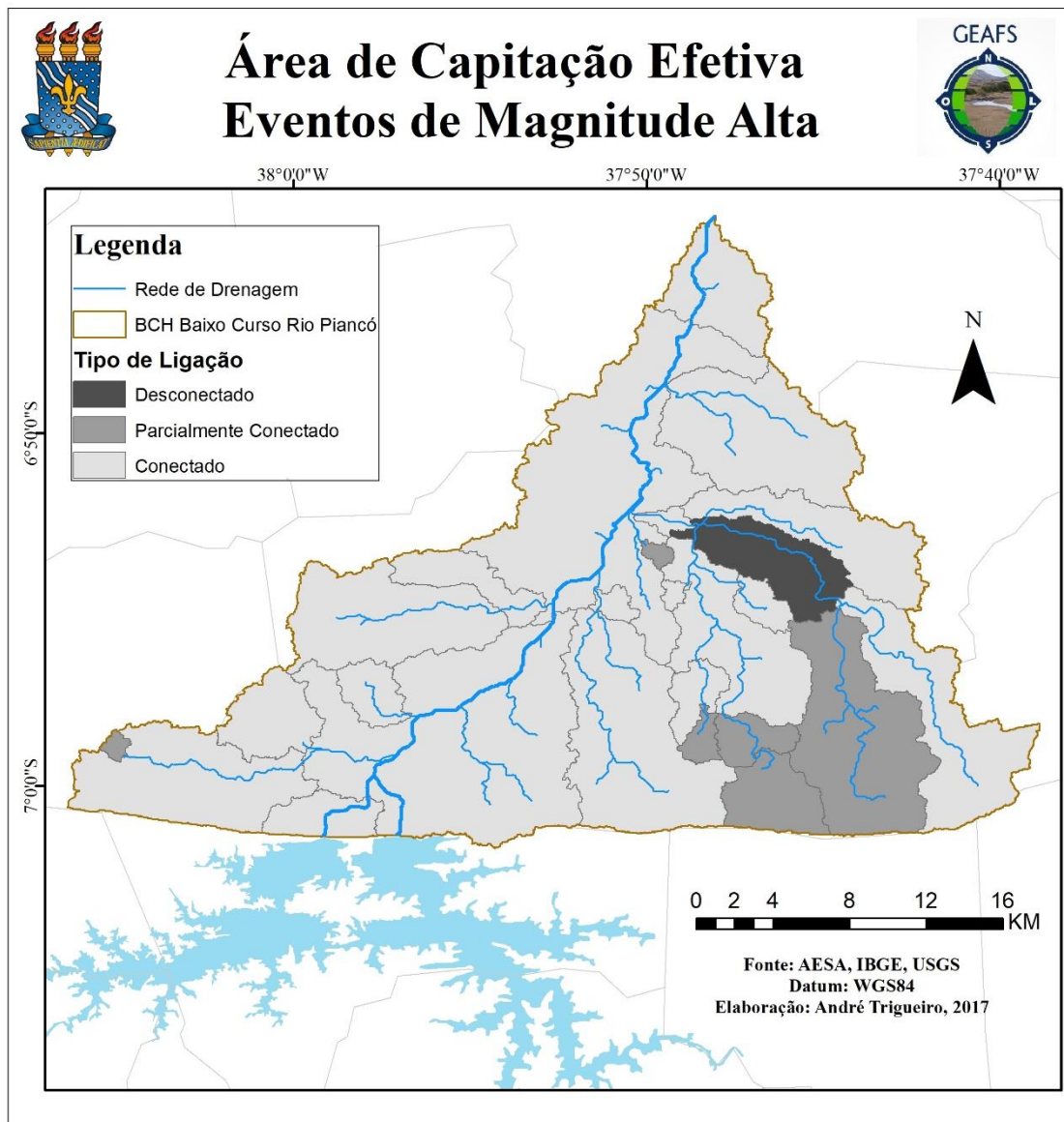


Figura 25. Figura 26. Mapa da área de captação efetiva em eventos de magnitude moderada, da BCH do baixo curso do Rio Piancó.



Figura 27. Figura 28. Mapa da área de captação efetiva em eventos de magnitude alta, da BCH do baixo curso do Rio Piancó.



Os mapas elaborados nas figuras 24, 25 e 26, apresentam as áreas de captação efetiva em cada evento e sua magnitude. Nos eventos de magnitude alta, a área de captação se apresentou predominantemente conectada nas porções norte, sul, oeste, na porção sudeste, ela se apresenta com comportamentos desconectado e parcialmente conectado por apresentar elementos que suportam estes eventos, barragens rústicas médias e a barragem de engenharia, no meio da bacia. Os eventos de magnitude moderada se apresentam conectados na porção norte e no centro da bacia, mas que a predominância do parcialmente conectado nas demais áreas ao leste, sul e oeste da bacia, com exceção da porção sudeste que se mantém desconectado por apresentar barramentos capazes de suportar estes eventos. Assim a área de captação efetiva em eventos de magnitude baixa na bacia se apresentou parcialmente conectado pela presença de passagens molhadas na porção central e sul e oeste, e a ponte sobre o Ria Piancó na porção sul. As barragens rústicas, pequenas e médias, bem como as barragens de engenharia são elementos desconectantes, capazes de reter a transmissão de sedimentos de carga de fundo em variados cenários, mas que somente as de engenharia se fazem eficazes sobre os eventos.

Mapeadas as áreas de captação efetiva, a partir da ligação entre elas, visualizadas entre desconectado, parcialmente conectado e conectados; a área de captação associada a cada magnitude, foi mensurada em valor absoluto (tabela 3) e em porcentagem da área total da bacia hidrográfica (tabela 4). As áreas com comportamento parcialmente conectados, se fazem expressivas em eventos de magnitude baixa e moderada, o que corrobora a entender que determinados tipos de impedimentos, onde se destacam as passagens molhadas, as pontes e as barragens rústicas pequenas, são facilmente superadas pelos fluxos de magnitude.

**Tabela 3. Área de captação efetiva em valor absoluto.**

	DESCONECTADO	PARCIALMENTE CONECTADO	CONECTADO
Magnitude Alta	24,93Km <sup>2</sup>	91,15 Km <sup>2</sup>	652,61 Km <sup>2</sup>
Magnitude Moderada	116,07 Km <sup>2</sup>	517,13 Km <sup>2</sup>	135,48 Km <sup>2</sup>
Magnitude Baixa	170,11 Km <sup>2</sup>	574,91 Km <sup>2</sup>	23,66 Km <sup>2</sup>

Elaborado: Castelo Branco, 2017.

**Tabela 4. Área de captação efetiva em porcentagem de acordo com o total da área da BCH do Rio Piancó.**

	DESCONECTADO	PARCIALMENTE CONECTADO	CONECTADO
Magnitude Alta	3%	12%	85%
Magnitude Moderada	15%	67%	18%
Magnitude Baixa	22%	75%	3%

Elaborado: Castelo Branco, 2017.

A dinâmica dos impedimentos para os canais perenes se diferencia quando comparada aos canais intermitentes e efêmeros. Isso se dá devido ao fato dos fluxos em canais perenes serem capazes de manter a transmissão de água e sedimentos constantemente, mesmo que em baixas quantidades, enquanto que nos rios intermitentes, a transmissão se dá em pulsos.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observados os resultados expostos, entende-se que os objetivos elaborados foram atingidos. A áreas de captação efetiva da bacia hidrográfica que drena para o baixo curso do Rio Piancó se apresenta conectada, face eventos de magnitude alta parcialmente conectada em eventos de magnitude baixa e magnitude moderada, que corrobora para o desenvolvimento dos processos geomorfológicos no interior da bacia. Dito isto, é pertinente considerar a existência de uma relação direta quanto maior a magnitude dos eventos, o aumento das áreas conectadas aumenta.

Os elementos com maior capacidade de atuarem como impedimentos longitudinais, são as barragens por terem facilidade na retenção de sedimentos de carga de fundo, interrompendo a transmissão que somente será atingida quando o barramento for superado ou rompido.

Os impedimentos antrópicos não se apresentam negativamente nas paisagens semiáridas, haja vistas as finalidades pelas quais estas estruturas são implantadas. As barragens potencializam a irrigação da agricultura e fornecem água para dessedentação animal e humana, quando secas, o leito das barragens apresenta fertilidade e humidade para a agricultura e pastagem. Outras utilidades são verificadas quanto as passagens molhadas, que por sujeitarem à sedimentação a montante, fornecem novas áreas para a agricultura, como aumentam a capacidade de retenção hídrica nos aquíferos aluviais nas áreas a montante.

A dinâmica do curso perenizado do Rio Piancó não deve ser comparada a dinâmica associada os rios intermitentes presentes na bacia hidrográfica, principalmente em períodos de estiagens. Os impedimentos presentes no trecho regularizado apresentam dinâmica que hora foge ao comportamento encontrado nas intervenções nas demais áreas da bacia. Isto se dá tendo em vista a presença contínua de fluxo de água e sedimentos, sendo transportados de montante para jusante. O período de deposição dos sedimentos de carga de fundo também vai variar, sendo mais rápida nos canais perenes ou perenizados quando comparados aos rios intermitentes que o tempo de permanência dos sedimentos vai depender da capacidade dos fluxos episódicos de transportarem o material.

A diferenciação entre as dinâmicas presentes na bacia, merecem serem abordadas de maneira mais incisivas em trabalhos científicos que possam por ventura serem propostos naquele recorte espacial.

## 7 REFERÊNCIAS

AB’SÁBER, A.N., **Províncias Geológicas e Domínios Morfoclimáticos do Brasil**. Geomorfologia. São Paulo, IGEOG. USP. v.20, 1970.

\_\_\_\_\_ **O Domínio morfoclimático semi-árido das caatingas brasileiras**. Geomorfologia. São Paulo, JGEOG, US, v. 43, 1974.

\_\_\_\_\_ **Os domínios de Natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editora, p.159, 2003.

AGUIAR, F. G., E Açude Curema-Mãe D’água – estudo hidrológico do projeto de açudagem. Boletim da Inspetoria de Obras Contra as Secas-IFOCS, Rio de Janeiro, v. 15 n. 1. P 5-20, jan-mar., 1941, DNOCS, 3 D.R. Arquivo Técnico do 29 Distrito de Obras.

AMORIM, R.R. **Um Novo Olhar na Geografia para os Conceitos e Aplicações de Geossistemas, Sistemas Antrópicos e Sistemas Ambientais**, Caminhos de Geografia, Uberlândia, v. 13, nº 41, Março, 2012, p.80-101.

ASSOULINE, S. Infiltration into soils: Conceptual approaches and solutions. Water Resources Reseach. v. 49, p. 1755-1772, 2013, doi:10.1002/wrcr.20155.

BERGKAMP, G., A hierarchical view of the interactions of runoff and infiltration with vegetation and microtopography in semiarid sublands. **Catena**, v. 33, p. 201-220, 1998

BERTALANFFY, L. V., **Teoria Geral dos Sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1973.

BEZERRA, M. B., **Impactos de passagens molhadas na morfodinâmica fluvial do baixo curso do rio Jaguaribe: uma análise a partir da Barragem das Pedrinhas em Limoeiro do Norte – Ceará**. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia, Fortaleza, 114 p., 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.

BORBA, A. G.; CHAMBERS, P. A.; SPOELSTRA, J. Environmental impacts in arid and semiarid floodplains. **Journal of Environmental Hydrology**, v. 18, 2010.



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

BRACKEN, L. J.; WAINWRIGHT, J., Equilibrium in the balance? Implications for landscape evolution from dryland environments. **Geological Society**, London, special publications, v. 296, p.29-46, 2008.

BRACKEN, J. L.; WAINWRIGHT, J.; ALI, G. A.; TETZLAFF, D.; SMITH, M. W., READNEY, S. M.; ROY, A. G., Concepts of hydrological connectivity: Research approaches, pathways and future agendas. **Earth-Science Reviews**, n° 119, p. 17-34, 2013.

BRACKEN, L. J.; TURNBULL, L.; WAINWRIGHT, J.; BOGAART, P., Sediment connectivity: a framework of understanding sediment transfer at multiple scales. **Earth Surf. Process. Landforms**, v. 40, p.177-188, 2015.

BRIERLEY, G. J.; FRYIRS, K., River Styles, a geomorphic approach to catchment characterization: implications for river rehabilitation in the Murrumbidgee catchment, New South Wales, Australia. **Environmental Management**, v. 25, n. 6, p.661-679, 2000.

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

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

BRIERLEY, G.; FRYIRS, K.; JAIN, V., Landscape connectivity: the geographic basis of geomorphic applications. **Area**, v. 38, n.2, 165-174, 2006.

BRIERLEY, G., Landscape memory: the imprint of the past on contemporary landscape forms and processes. **Royal Geographical Society**, v. 42, n°1, p. 76-85, 2010.

BRUNSDEN, D.; THORNES, J. B., Landscape Sensitivity and Change, **Transactions of the Institute of British Geographers**, New Series, v. 4, n. 4, p. 463-483, 1979.

BRUNSDEN, D., A critical assessment of the sensitivity concept in geomorphology. **Catena**, v. 42, p. 99-123, 2001.

CAMMERAAT, L. H., A review of two strongly contrasting geomorphological systems within the context of scale. **Earth Surf. Process. Landforms**. V. 27, p. 1201-1222, 2002.

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, nº 1, jan-mar, p. 39-49, 2012.

CAVALCANTE, A. A.; BEZERRA, M. B.; COELHO, G. K.S.; BALTAZAR, J.J., Estudos das passagens molhadas à jusante da barragem do Castanhão-CE e possíveis alterações na dinâmica fluvial. **Revista Geonorte**, edição especial 4, v. 10, n. 1, p. 291-297, 2014.

CAVALCANTI, L. C. S., **Geossistemas no Estado de Alagoas: uma contribuição aos estudos da natureza em geografia**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CFCH. Geografia 20110, Recife, p.132, 2010.

CAVALCANTI, L. C. S., CORRÊA, A. C. B., Problemas de hierarquização espacial e funcional na ecologia da paisagem: uma avaliação a partir da abordagem geossistêmica. **Geosul**, Florianópolis, v. 28, p. 143-162, jan/jun, 2013.

CAVALCANTI, L. C. S.; **Cartografia de Paisagens: Fundamentos**, São Paulo: Oficina de Textos, p.95, 2014.

CHARLTON, R. **Fundamentals of Fluvial Geomorphology**, New York: Routledge, 1ª Ed. 2008.

CHORLEY, R. J.; KENNEDY, B. A., **Physical Geography: A Systems approach**. Prentice-Hall International, London. 370p, 1971.

CHORLEY, R. J., **Geomorphology and General Systems Theory**. Theoretical Papers in the hydrologic and geomorphic sciences. Washington, 1962.

CHORLEY, R. J., KENNEDY, B. A., **Physical Geography: A Systems Approach**. Prentice-Hall International, London, p. 370, 1971.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de Sistemas em Geografia**. São Paulo: HUCITEC: Ed. da Universidade de São Paulo, 1979.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Blucher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgar Blucher, 1999.

CHRISTOFOLETTI, A. L. H. Sistemas dinâmicos: as abordagens da teoria do caos e da geometria fractal em Geografia. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. **Reflexões sobre a geografia física no brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.89-110, 2007.

CHURCH, M., Geomorphic response to river flow regulation: case studies and time-scales. **Regulated rivers: research & management**. v. 11, p. 3-22, 1995.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 93-148, 1998.

COELHO, A. L. N., Geomorfologia fluvial de rios impactados por barragens, **Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v. 9, n. 26, p. 16-32, jun., 2008.

COOPER, J. R.; WAINWRIGHT, J.; PARSONS, A. J.; ONDA, Y.; FUKUWARA, T.; OBANA, E.; KIICHENER, B.; LONG, E. J.; HARGRAVE, G. H., A new approach for simulating the redistribution of soil particles by water erosion: A marker-in-cell model, *J. Geophys. Res.*, p.117, 2012, doi:10.1029/2012JF002499.

CORRÊA, A. C. B., O geossistema como modelo para a compreensão de mudanças ambientais pretéritas: uma proposta de geografia física como ciência histórica. In: SÁ, A. J.; CORRÊA, A. C. B. **Regionalização e Análise Regional: Perspectivas e abordagens**. Recife: Universitária, p.33-45, 2006.

CORRÊA, A. C. 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**, v. 12, n. 3, p. 25-36, 2011.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil, **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Pombal, estado da Paraíba/** Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Franklin de Moraes, Vanildo Almeida Mendes, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005a.

\_\_\_\_\_, **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de São José da Lagoa Tapada, estado da Paraíba/**

Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Franklin de Moraes, Vanildo Almeida Mendes, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005b.

\_\_\_\_\_, **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de São Bentinho, estado da Paraíba/** Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Franklin de Moraes, Vanildo Almeida Mendes, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005c.

\_\_\_\_\_, **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Coremas, estado da Paraíba/** Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Franklin de Moraes, Vanildo Almeida Mendes, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005d.

\_\_\_\_\_, **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de São Domingos do Pombal, estado da Paraíba/** Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Franklin de Moraes, Vanildo Almeida Mendes, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005e.

\_\_\_\_\_, **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Cajazeirinhas, estado da Paraíba/** Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Franklin de Moraes, Vanildo Almeida Mendes, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005f.

CUNHA, S. B., **Impactos das obras de engenharia sobre o ambiente biofísico da Bacia do Rio São João (Rio de Janeiro – Brasil)**. Rio de Janeiro, Ed. Instituto de Geociências, UFRJ, p. 161-171, 1995.

CUNHA, A. C., Revisão descritiva sobre ecossistemas aquáticos na perspectiva da modelagem da qualidade da água. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 3, n. 1, p. 124-143, 2013.

DANIELS, J. M. Floodplain aggradation and pedogenesis in a semiarid environment. **Geomorphology**, v. 56, p.225-242, 2003.

DNOCS, Sistema Curema-Mãe D'água, [www.dnocs.gov.br/barragens/curema/curema.htm](http://www.dnocs.gov.br/barragens/curema/curema.htm), Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS, acessado em: 30/06/2016.

DREW, D. Processos interativos homem-meio ambiente. 6 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro; Embrapa Solos, 1999, 412p.

FIEDLER, F. R.; FRASIER, G. W., RAMIREZ, J. A.; AHUJA, L. R. Hydrologic response of grasslands; effects of grazing, interactive infiltration and scale. **Journal of Hydrologic Engineering**. v.7, p. 293-301, 2002.

FRYIRS, K. A.; BRIERLEY, G. J.; PRESTON, N. J.; KASAI, M. Buffers, barriers and blankets: The (dis)connectivity of catchment-scale sediment cascades. **Catena**. v. 70, p. 49-67, 2007.

GOMES, R. D.; VITTE, A., **A geografia física e o objeto complexo: algumas flexibilizações do processual**. Geosul (UFSC), v. 26, p. 8-38, 2011

GRAF, W. L. **Fluvial Process in Dryland Rivers**. Caldwell: The Blackburn Press, 1988.

HACK, J. T., Interpretation of erosional topography in humid temperate regions. **Am. J. Sci.**,v.258-A, p.80-97. 1960.

HACK, J. T., Stream profile analysis and stream gradient index. **J. Res. U.S Geol. Surv.**, v. 1, p. 421-429, 1973.

HALL, A. D.; FAGEN, R.E. Definition of systems. **General Systems Yearbook**, v. 1, 1956.

HARVEY, A. M., Effective timescales of coupling within fluvial systems. **Geomorphology**, v. 44, p. 175-201, 2002.

HEILER, G.; HEIN, T.; SCHIEMER, F. Hydrological connectivity and flood pulse as the central aspects for the integrity of a river-floodplain system. **Regulated Rivers Research & Management**, v. 11, p.351-361, 1995.

HOOKE, J. M., Morphological impacts of flow events of varying magnitude on ephemeral channels in a semiarid region. **Geomorphology**, v. 252, p. 128-143, 2016.

HOWARD, A. D., Equilibrium models in geomorphology. In: ANDERSON M. G. (eds), *Modelling Geomorphological Systems*. Wiley, New York, p. 49-72, 1988.

HUGGETT, R. J., **Earth Surface systems**. Springer Verlag, Berlin, 1985

HUGGETT, R. J., Dissipative systems: Implications for geomorphology. **Earth suf. Proc. Landforms**, v.13, p. 45-49, 1988.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). **Manual Técnico de Geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2. Ed., 2009.

JIONGXIN, X., Precipitation-vegetation coupling and its influence on erosion on the Loess Plateau, China, **Catena**, v. 64, 0.103-116, 2005.

JIONGXIN, X. Temporal variation in downstream sediment transfer in the Lower Yellow River. **Z. Geomorph N. F.**, v. 1, nº 52, p. 31-45, 2008, Berlin, Stuttgart.

JONES, J. A.; SWANSON, F. J.; WEMPLE, B. C.; SNYDER, K. U., Effects of roads on hydrology, geomorphology, and disturbance patches in stream networks. **Conservation Biology**, v. 14, n.1, p. 76-85, 2000.

LIMA, K. C.; CUNHA, C. M. L.; PEREZ FILHO, A., Relações entre a rede de drenagem e superfícies de aplainamento semiáridas. **Mercator**, Fortaleza, v.15, n.2, p. 91-104, abr/jun., 2016.

MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R.; CLAUDINO-SALES, V., Geomorfologia do Nordeste: concepções clássicas e atuais acerca das superfícies de aplainamento nordestinas. **Revista de Geografia**. Recife: UFPE-DCG/NAPA, v. especial VIII SINAGEO, n. 1, Set, p. 6-19, 2010.

MAIA, R.P.; BEZERRA, F.H.R., Geomorfologia e neotectônica da baía hidrográfica do rio Apodi-Mossoró – NE/Brasil. **Mercator**, Fortaleza, v. 11, n. 24, p. 209-228, jan/abr, 2012.

MAIA, R. S., **Identificação e caracterização dos estilos fluviais da Bacia Riacho do Tigre-PB**. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, PB, 77p., 2016.

MARINHO, E., A locação definitiva da barragem do açude “MãeD’água”, do sistema do Alto Piranhas. **Boletim da Inspetoria de Sêcas**. v.12, n. 2, p.82-88, 1939.

MARQUES NETO, R. **A abordagem sistêmica e os estudos geomorfológicos: alguma interpretações e possibilidades de aplicação**. Geografia, v. 17, n.2, jul./dez. 2008. Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Geografia.

MATTOS, S. H. V. L de; PEREZ FILHO, A., **Complexidade e Estabilidade em Sistemas Geomorfológicos: uma introdução ao tema**. Revista Brasileira de Geomorfologia, A. 5, Nº1 11-18, 2004.

MORIN, E., **O método I: a natureza da natureza**. Europa América, 277p., 1970.

MONTGOMERY, D. R., Process domains and the river continuum. **Journal of the american water resources association**. v.35, n. 2, april, 1999.

MOURA, E. M., **Avaliação da disponibilidade hídrica e da demanda hídrica no trecho do Rio Piranhas-Açu entre os açudes Coremas-Mãe-D’água e Armando Ribeiro Gonçalves**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, p.140, 2011.

NANSON, G. C. Point bar and floodplain of the meandering beaton biver, northeastern British columbia, Canada. **Sedimentology**, v. 27, p.3-29, 1980.

NANSON, G. C.; CROKE, J. C. A genetic classification of floodplains. **Geomorphology**, v. 4, p. 459-486, 1992.

PARAÍBA, Mapa de Geomorfologia do Estado da Paraíba, 2006.

PARAÍBA, Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA, Mapa de Pluviometria Média do Estado da Paraíba, 2006.

PARAÍBA, Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA, Mapa das Microrregiões, 2009a.

PARAÍBA, Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA, Mapa das Mesorregiões, 2009b.

PARSONS, A. J.; BRACKEN, L.; POEPL, R. E.; WAINWRIGHT, J.; KEESSTRA, S. D., Introduction to special issue on connectivity in water and sediment dynamics. **Earth Surf. Process. Landforms**, v. 40, p.1275-1277, 2015.

PETTS, Geoffrey E., **Impounded Rivers: Perspectives for Ecological Management**. Wile, Chichester, p. 326, 1984.

PHILLIPS J D. The end of equilibrium? **Geomorphology**, vol. 5, p. 195–201, 1992(a)

PHILLIPS J D., Nonlinear dynamical systems in geomorphology: revolution or evolution? **Geomorphology**, vol. 5, p. 219–229, 1992(b).

PHILLIPS J D., Perfection and complexity in the lower Brazos River. **Geomorphology**, v. 91, p. 364-377, 2007.

PHILLIPS, J. D., Synchronization and scale in geomorphic systems. **Geomorphology**, n. 137, p.150-158, 2012.

PHILLIPS, J. D., State transitions in geomorphic responses to environmental change. **Geomorphology**, v. 204, p. 208-216, 2014.

PRESTON, N.; SCHMIDT, J., **Modelling sediment fluxes at large spatial and temporal scales**. In Long Term Hellslope and Fluvial System Modelling – Concepts and Case Studies from the Rhine River Catchment, Lecture Notes in Earth Sciences 100, Lang A, Hennrich K., Dikau R. (eds). Springer: Berlin; 53-72, 2003.

PUIGDEFÁBREGAS, J., The role of vegetation patterns in structuring runoff and sediment fluxes in drylands. **Earth Surf. Process. Landforms**. v. 30, p. 133-147, 2005.

REANEY, S. M.; BRACKEN, L. J.; KIRKBY, M. J., The importance of surface controls on overland flow connectivity in semi-arid environments: results from numerical experimental approach. **Hydrol. Process**. V. 28, p. 2116-2128, 2014.

REINFELDS, I.; NANSON, G. Formation of braided river floodplains, waimakariri river, New Zealand. **Sedimentology**, v. 40 p.1113-1127, 1993.

RENWICK, W.H., A synthesis of equilibrium and historical models of landform development. **J. Geogr.**, v. 84, p. 205-210, 1985.



RENWICK, W.H.; Equilibrium, disequilibrium, and nonequilibrium in the landscape, **Geomorphology**, v.5, n. 3-5, p. 265-276, 1992.

SACK, D., New wine in old bottles: The historiography of a paradigm change. In: J.D. PHILLIPS and W. H. RENWICK (eds), **Geomorphic Systems. Geomorphology**, v. 5, p. 251-263, 1992.

SANDERCOCK, P. J.; HOOKE, J. M.; MANT, J. M., Vegetation in dryland river channels and its interaction with fluvial processes, **Progress in Physical Geography**, nº. 31, v. 2, p. 107-129, 2007.

SALES, V.C., Geografia, Sistemas e Análise ambiental: abordagem crítica, - **GEOUSP – Espaço e Tempo**, São Paulo, Nº16, 2004.

SCHEIDEGGER, A.E., Instability principle in geomorphology. **Z Geomorph.**, v. 27, p. 1-19, 1983.

SCHEIDEGGER, A. D., **Theoretical Geomorphology**. Berlim, Springer Verlag, 3ª ed, 1991.

SCHIEMER, F.; WAIDBACHER, H. Strategies for conservation of a danubian fish fauna. In Boon, P. J., Calow, P., and Petts, G. E. (Eds). **River Conservation and Management**. Wiley, Chichester, pp. 364-382, 1992.

SCHUMM, S. A. **The Fluvial system**. Caldwell: The Blackburn Press, 1977.

SILVA, A. F. P. L.; SOUZA, J. O. P. Caracterização hidrosedimentológica dos trechos aluviais da bacia Riacho do Tigre. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, MG, v. 18, n. 63, set., 2007.

SILVA, S. D. **Tecnologias sociais hídricas para convivência com o semiárido no assentamento Serra do Monte, Cabaceiras, PB**. Monografia (bacharelado em Geografia), Universidade Federal da Paraíba, p.55, 2015.

SOUZA, M. J. N.; OLIVEIRA, V. P. V. Os enclaves úmidos e sub-úmidos do semi-árido do nordeste brasileiro, **Mercator**, Ano 05, nº 09, p. 85-102, 2006.

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 Saco, Serra Talhada, Pernambuco**. 2011. Dissertação (Mestrado) -

Universidade Federal de Pernambuco. Programa de pós-graduação em geografia. Recife, p. 166. 2011.

SOUZA, J. O. P., CORRÊA, A. C. B., Sistema fluvial e planejamento no semiárido. **Mercator**, Fortaleza, v. 11, n. 24, p. 149-168, jan/abr., 2012a.

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**. Soc. e Nat., Uberlândia, ano 24 n.2, 319-332, mai/ago. 2012b.

SOUZA, J. O. P.; CORRÊA, A. C. B. Dos sistemas ambientais ao sistema fluvial – uma revisão de conceitos. **Caminhos de Geografia**. Uberlândia v. 14, n. 46 Set/2013 p. 224–233.

SOUZA, J. O. P.; ALMEIDA, J. D. M. A. Processos Fluviais em Terras Secas: uma revisão. **Revista OKARA: Geografia em debate**, v.9, n.1, p. 108-122, 2015. João Pessoa, PB, DGEOC/CCEN/UFPB.

STALKERL, L.; GREGORY, K. J.; THORNES, J. B., **Temperate palaeohydrology: fluvial process in the temperate zone during the last 15.000years**. Chichester, John Wiley & Sons, 1991.

STATZNER, B.; HIGLER, B., Questions and comments on the river continuum concept. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.**, v.42, 1985.

STRAHLER, A. N., Hypsometric (área-altitude) analysis of erosional topography. **Geological Society of America Bulletin**, v. 63, 1117-21142, 1952.

STRAHLER, A. N., **Systems theory and physical geography**. Physical Geography, 1(1): 1-27, 1980.

SUGUIO, K., **O dicionário de geologia sedimentar e áreas afins**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

VALE, C. C. Por uma metodologia para o estudo das áreas de manguezais: uma visão sistêmica. In: NUNES, J. O. R.; ROCHA, P. C., **Geomorfologia: aplicações e metodologias**. São Paulo: Expressão popular, 2008. p. 117-131.

VENNOTE, R. L.; MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W.; SEDELL, J. R., CUSHING, C. E., The river continuum concept. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.**, v. 37, p. 130-137, 1980.

VICENTE, L. E.; PEREZ FILHO, A. Abordagem sistêmica e geografia. **GEOGRAFIA**, Rio Claro, v. 28, n. 3, p. 323-344, set./dez. 2003.

VIEIRA, V. P. P. B. Desafios da Gestão Integrada de Recursos Hídricos no Semiárido. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Volume 8 n.2 Abr/Jun 2003, 7–17.

WALTEMADE, C. J., Impacto f Residential Soil Disturbance on Infiltration Rate and Stormwater Runoff. **Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)**, 2010, Vol. 46, n° 4, p. 700-711, DOI: 10.1111/j.1752-1688.2010.00442.x.

WARD, J. V.; STANFORD, J. A., The serial discontinuity concept of lotic ecosystems, **In Dynamics of Lotic Ecosystems**, Fontaine TD, Bertel SM (eds). Ann Arbor Scientific Publishers: And Arbor, MI; p. 29-42, 1983.

WARD, J. V., The four-dimensional nature of lotic ecosystems. **Journal of the north American benthological society**, v. 8, p. 2-8, 1989.

THOMAS, M. F., Landscape sensitivity in time and space – an introduction. **Catena**, v. 42, p. 83-98, 2001.

THOMS, M. C. Floodplain-river ecosystems: lateral connections and the implications of human interference. **Geomorphology**, v. 56, p.335-349, 2003.

TROPPEMAIR, H.; GALINA, M. **Geossistemas**. Mercator – Revista de Geografia UFC. V. 5, N. 10, p. 79-89, 2006.

TURNBULL, L.; WAINWRIGHT, J.; BRAZIER, R. E., A conceptual framework for understanding semi-arid land degradation: ecohydrological interactions across multiple-space and time scales. **Ecohydrology**, v.1, p. 23-34, 2008.