

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS**

JEFERSON MAURICIO RODRIGUES

**ESTILOS FLUVIAIS DO ALTO CURSO DO RIO PIRANHAS, AMBIENTE
SEMIÁRIDO (PB)**

**JOÃO PESSOA – PB
2018**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PÁRAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS**

JEFERSON MAURICIO RODRIGUES

**ESTILOS FLUVIAIS DO ALTO CURSO DO RIO PIRANHAS, AMBIENTE
SEMIÁRIDO (PB)**

Monografia apresentada como requisito para obtenção de nota da disciplina Pesquisa Geográfica, do curso de Bacharelado em Geografia da universidade Federal da Paraíba, para efetivação do conceito avaliativo.

Orientador: Prof. Dr. Bartolomeu Israel de Souza.
Co-orientador: Prof. Dr. Jonas Otaviano Praça de Souza.

**JOÃO PESSOA – PB
2018**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

R696e Rodrigues, Jeferson Mauricio.
ESTILOS FLUVIAIS DO ALTO CURSO DO RIO PIRANHAS,
AMBIENTE SEMIÁRIDO (PB) / Jeferson Mauricio Rodrigues.
- João Pessoa, 2018.
113 f. : il.

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

1. Semiárido. 2. Estilos Fluviais. 3. Bacia
Hidrográfica. I. Souza, Bartolomeu Israel de. II.
Souza, Jonas Otaviano Praça de. III. Título.

UFPB/CCEN



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

Resolução N.04/2016/CCG/CCEN/UFPB

PARECER DO TCC

Tendo em vista que o aluno (a)
JEFFERSON MAURÍCIO RODRIGUES
(X) cumpriu () não cumpriu os itens da avaliação do TCC previstos no artigo 25º da
Resolução N. 04/2016/CCG/CCEN/UFPB somos de parecer (X) favorável ()
desfavorável à aprovação do TCC intitulado:

Estílo fluviais e estabilidade lateral do alto curso
do rio Paraíba, Pernambuco (PB)

Nota final obtida: 10,0 (dez)

João Pessoa, 18 de outubro de 2018.

BANCA EXAMINADORA:

Bartholomeu J. de Souza
Professor Orientador

Professor Co- Orientador (Caso exista)

Francis Vitor de Araújo Equino Neto
Membro Interno Obrigatório (Professor vinculado ao Curso)

Rafael
Membro Interno ou Externo

Dedico aos meus pais...

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida, pela possibilidade que me deu de conquistar meus objetivos e por ser meu maior porto seguro nos momentos difíceis. Não poderia e não seria nada sem Ele.

Agradeço a minha família, por ter me dado o apoio e ajuda em todos os momentos de minha vida. Esse trabalho não é meu, mas deles, por serem a base e o sustento emocional que me fazem a cada dia mais forte. À minha mãe: Josi Cleves Mauricio Rodrigues. A meu Pai: Francisco Anselmo Rodrigues. A meu irmão: Anderson Maurício Rodrigues. São as maiores razões da minha vida.

Agradeço imensamente a Jonas Otaviano Praça de Souza, que foi mais que um orientador durante esse primeiro ciclo de minha vida acadêmica, mas um grande amigo, que soube guiar os meus passos na vida acadêmica e despertar o interesse a essa área maravilhosa que é a geomorfologia fluvial. A você, meu amigo, meu muito obrigado.

Agradeço ao Professor Bartolomeu Israel de Souza, por ter sido um dos principais pilares da minha formação, por todas as dicas, conversas e apoio.

Agradeço aos Professores Rafael Xavier e Francisco Araújo Segundo Neto por terem ajudado com equipamentos importantes de campo, como também, por terem aceito ser membros avaliadores da banca do TCC.

Agradeço a todos os professores do departamento de Geografia da universidade Federal da Paraíba, em especial: Magno Erasto de Araújo e Francisco Araújo Segundo Neto, por terem participado diretamente da minha formação.

Agradeço à Vitória Dias Ferreira, pelo apoio, carinho e atenção que foram tão importantes para me manter em equilíbrio durante essa fase final da graduação, como também, por compartilhar a vida junto comigo. Obrigado, Querida.

Agradeço a Gabriel da Nóbrega e André Victor, que são dois grandes amigos que participaram de um campo de superação e foram extremamente importantes na minha vida acadêmica. Não tenho palavras para expressar minha gratidão, pois esse trabalho só existe, em grande parte com a participação de vocês.

Agradeço a alguns amigos que fiz durante esta jornada, como é o caso de Pedro Melo, Gabriel Medeiros, Lenivaldo Filho, Diêgo Alan, Fabiano Cunha, Ismael Silva, David Ferreira, Isadora Queiroga, Virna Franco, Inaê Santiago e Thaís Peregrino. A vocês, o meu muito obrigado por tudo.

Agradeço a todos os componentes do Grupo de Estudos em Ambientes Fluviais Semiáridos (GEAFS), em especial Helder Oliveira, Alisson Santos, André Trigueiro, Diêgo Monteiro e Stephanie Medeiros pelas experiências acadêmicas vividas.

Agradeço imensamente aos meus tios Orlando e Nenem, por terem aberto as portas de sua casa durante o campo da pesquisa, favor este que nunca esquecerei.

Agradeço ao CNPQ pelos recursos disponibilizados durante os projetos de pesquisa que participei, e, que foram tão importantes para o desenvolvimento de pesquisas do GEAFS.

Agradeço as minhas avós, duas grandes mulheres que são exemplo de vida e superação: Luzia Lúcia de Melo e Maria Rodrigues Anselmo. A vocês duas, a minha eterna gratidão.

RESUMO

O semiárido brasileiro é um ambiente que possui déficit hídrico na maior parte do ano, por conta de poucas chuvas, quando comparadas com as de ambiente úmido. Os eventos de precipitação ocorrem de forma intensa e concentrada, em curtos espaços de tempo, onde essa dinâmica impede a permanência da maior parte desses recursos hídricos na superfície, como também, as condições pedo-geológicas. Assim, é preciso que sejam geradas medidas que possam armazenar parte desses recursos, propiciando a utilização dos mesmos pela população que reside no perímetro seco. Contudo, nem sempre as intervenções geradas ocorrem de forma planejada, o que remete muitas vezes à degradação ambiental. Nessa perspectiva, os estudos dos ambientes fluviais semiáridos além de fornecer arcabouço teórico acerca dessa temática, possibilitam base para geração de medidas que não causem degradação.

Atualmente, o projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) é voltado à perspectiva de atender a população que mais sofre com a seca, onde as águas provenientes da bacia do São Francisco já foram integradas aos Municípios do Eixo Leste, e o Eixo Norte está no fim de sua obra, para funcionar na mesma perspectiva. Entretanto, o impacto que esse tipo de obra pode trazer ao ambiente fluvial ainda é pouco conhecido, o que faz necessário os estudos acerca do funcionamento normal dos cursos fluviais semiáridos, para que possam servir de parâmetro para eventuais pesquisas futuras. Dado o exposto, esta pesquisa teve por objetivo identificar e caracterizar os estilos fluviais do Alto Curso do Rio Piranhas, através da abordagem metodológica de Brierley e Fryirs (2005), no intuito de compreender o comportamento fluvial do canal principal, a partir da dissecação da bacia de drenagem até as unidades geomórficas. A identificação da estabilidade das margens do canal principal também foi um dos focos desta pesquisa, pois assim foi possível compreender o grau de degradação/preservação das margens de acordo com o estilo fluvial identificado. Desta maneira, os estilos fluviais identificados na bacia foram: EPCAC - Estilo Parcialmente Confinado Arenoso de Cabeceira; EPCLRA - Estilo Parcialmente Confinado de Leito Rochoso e Arenoso; ECLR - Estilo Confinado de Leito Rochoso; ECLCA - Estilo Confinado de Leito Cascalhento e Arenoso; ENCLA - Estilo não Confinado de Leito Arenoso; ENCLRC - Estilo Não Confinado de Leito Rochoso e Cascalhento; EPCLCA - Estilo Parcialmente Confinado de Leito Cascalhento e Argiloso.

Para cada estilo identificado, a estabilidade de suas margens foi definida, podendo assim, gerar a possibilidade da inferência sobre o grau de degradação dos respectivos estilos fluviais.

Palavras-chave: Semiárido; Estilos Fluviais; Bacia Hidrográfica.

ABSTRACT

The Brazilian semi-arid is an environment that has water deficit in most of the year, due to the few rainfall, when compared to the humid environment. Precipitation events occur in an intense and concentrated way, in short periods of time, where this dynamics prevents the permanence of most of these water resources on the surface. Thus, it is necessary to generate measures that can store some of these resources, allowing the use of them by the population that lives in the dry perimeter. However, the interventions generated do not always occur in a planned way, which often refers to environmental degradation. From this perspective, the studies of semi-arid river environments, besides providing a theoretical framework on this subject, provide the basis for generating measures that do not cause degradation. Currently, the Projeto de Integração do São Francisco (PISF) is aimed at the population that suffers from drought, where water from the São Francisco basin has already been integrated into the municipalities of the Eixo Leste and the Northern Axis is at the end of his work, to function in the same perspective. However, the impact that this type of work can bring to the fluvial environment is still little known, which makes necessary the studies about the normal functioning of the semi-arid rivers courses, so that they can serve as parameters for future research. Given the above, this research had the objective of identifying and characterizing the riverine styles of the Upper Piranhas River Course, through the methodological approach of Brierley and Fryirs (2005), in order to understand the fluvial behavior of the main channel, from the dissection of the basin to the geomorphic units. The identification of the stability of the main channel margins was also one of the focuses of this research, since it was possible to understand the degree of degradation / preservation of the margins according to the fluvial style identified. In this way, the river styles identified in the basin were: PCSSH - Partially Confined Sandstone Style of Headboard; PCRSB - Partially Confined Style of Rocky and Sandy Bed; CRBS - Confined Rocky Bed Style; CSSSB - Confined Style of Sandblasted and Sandy Bed; USSB - Unconfined Style of Sandy Bed; USRGB - Unconfined Style of Rocky and Gravel Bed; PCSCAB - Partially Conformed Style of Castile and Argilous Bed. For each style identified, the stability of its margins was defined, thus, generating the possibility of inference about the degree of degradation of the respective river styles.

Keywords: Semi-arid; Riverl Styles; Hydrographic basin.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mapa de localização da Bacia do Alto Rio Piranhas.....	42
Figura 2- Modelo Digital de Elevação e Declividade da bacia hidrográfica.....	43
Figura 3 - Unidades da paisagem da bacia hidrográfica.	44
Figura 4 - Geologia da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Piranhas.....	46
Figura 5 - Perfil longitudinal do Alto Rio Piranhas correlacionado com as principais geologias que o canal está situado.....	48
Figura 6 - Diferentes Unidades da paisagem de acordo com as características climáticas, geológicas, de altitude e Declividade.	50
Figura 7 - Modelo de análise de textura de Thien (1979).....	56
Figura 8 - Estilos Fluviais do Alto Rio Piranhas.....	58
Figura 9 - Perfil Longitudinal do Alto Rio Piranhas.	60
Figura 10 - Estilo Parcialmente Confinado Arenoso de Cabeceira (EPCAC).	62
Figura 11 - Foto 1 do EPCAC.....	63
Figura 12 - Perfil Lateral do EPCAC.	64
Figura 13 - Foto 2 do EPCAC.	65
Figura 14 - Foto 3 do EPCAC.	66
Figura 15 - Estilo Parcialmente Confinado de Leito Rochoso e Arenoso (EPCLRA).	69
Figura 16 - Foto 1 do EPCLRA.	70
Figura 17 - Foto 2 do EPCLRA.	71
Figura 18 - Perfil Lateral do EPCLRA.	72
Figura 19 - Estilo Confinado de Leito Rochoso (ECLR).	76
Figura 20 - Foto 1 do ECLR.....	78
Figura 21 - Foto 2 do ECLR.....	78
Figura 22 - Foto 3 do ECLR.....	79
Figura 23 - Perfil Lateral do ECLR.....	79
Figura 24 - Estilo Confinado de Leito Cascalhento e Arenoso (ECLCA).	82
Figura 25 - Foto 1 do ECLCA.	83
Figura 26 - Foto 2 do ECLCA.	84
Figura 27 - Perfil Lateral do ECLCA.	85
Figura 28 - Estilo Não Confinado de Leito Arenoso (ENCLA).	88
Figura 29 - Foto 1 do ENCLA.	90
Figura 30 - Perfil Lateral do ENCLA.	91
Figura 31 - Estilo Não Confinado de Leito Rochoso e Cascalhento (ENCLRC).	94
Figura 32 - Foto 1 do ENCLRC.	95
Figura 33 - Foto 2 do ENCLRC.	96
Figura 34 - Perfil Lateral do ENCLRC.	97
Figura 35 - Estilo Parcialmente Confinado de Leito Cascalhento e Argiloso (EPCLCA).....	100
Figura 36 - Foto 1 do EPCLCA.	101
Figura 37 - Perfil Lateral do EPCLCA.	102
Figura 38 - Foto 2 do EPCLCA.	103
Figura 39 - Foto 3 do EPCLCA.	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Configuração de vale.	53
Tabela 2 - Informações sobre geologia e Unidade de Paisagem de cada estilo fluvial.	60
Tabela 3 - Matriz do EPCAC.	67
Tabela 4 - Matriz do EPCLRA.	74
Tabela 5 - Matriz do ECLR.	80
Tabela 6 - Matriz do ECLCA.	86
Tabela 7 - Matriz do ENCLA.	92
Tabela 8 - Matriz do ENCLRC.	98
Tabela 9 - Matriz do EPCLCA.	105

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
2.	OBJETIVOS	14
2.1.	OBJETIVO GERAL	14
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
3.1	Sistema Fluvial	15
3.2	Condicionantes Ambientais Semiáridos	23
3.3	Estilos Fluviais (<i>River Styles</i>)	29
3.4	Intervenções, degradação ambiental e condição ambiental	33
a)	Intervenções e impactos no sistema fluvial	33
b)	Projeto de Integração Nacional do Rio São Francisco (PISF) – Transposição	35
c)	Degradação ambiental, recuperação e análise	37
4.	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	41
5.	METODOLOGIA	52
6.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	57
I.	Estilo Parcialmente Confinado Arenoso de Cabeceira (EPCAC)	61
II.	Estilo Parcialmente Confinado de Leito Rochoso e Arenoso (EPCLRA)	68
III.	Estilo Confinado de Leito Rochoso (ECLR)	75
IV.	Estilo Confinado de Leito Cascalhento e Arenoso (ECLCA)	81
V.	Estilo Não Confinado de Leito Arenoso (ENCLA)	87
VI.	Estilo Não Confinado de Leito Rochoso e Cascalhento (ENCLRC)	93
VII.	Estilo Parcialmente Confinado de Leito Cascalhento e Argiloso (EPCLCA)	99
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	107
8.	REFERÊNCIAS	108

1. INTRODUÇÃO

Tendo como base o fato de que o semiárido é uma área que apresenta um déficit hídrico sem uma fonte permanente de água, ocasionando, por sua vez, dificuldade na gestão dos recursos hídricos, gera a necessidade de intervenções da população com o objetivo de reter ou captar água para seu sustento. Só que a má gestão dos recursos hidrossedimentológicos disponíveis para a população pode acarretar em sérias consequências para a mesma, como também, para a bacia hidrográfica.

Um exemplo disso são as intervenções para retenção/obtenção de água a partir de barragens nos ambientes fluviais e escavações de poços nos leitos dos canais. As barragens especificamente geram desconectividade na paisagem, e alterações nos processos fluviais tanto à montante como à jusante. As alterações nos processos geram alterações nas formas, modificando assim toda a dinâmica pré-existente ao barramento.

Outra medida para obtenção e manutenção dos recursos hídricos por mais tempo disponível é a transposição de água entre bacias hidrográficas, que pode ser entendida como uma intervenção voltada para minimizar a falta de água em áreas com *déficit* hídrico, onde os ambientes de rios perenes possuem parte de sua vazão retirada para abastecer áreas de canais efêmeros e intermitentes, fazendo com que os estudos em geomorfologia fluvial tenham uma importância significativa para gestão dessas implementações antrópicas em ambientes fluviais.

Contudo o conhecimento sobre o sistema fluvial semiárido ainda é pouco, se comparado ao produzido nos ambientes úmidos, implicando à necessidade de pesquisas voltadas para os ambientes de terras secas.

Isso faz com que pesquisadores foquem sua atenção para encontrar formas de gestão para os sistemas fluviais semiáridos, fazendo por vezes adaptações e até aplicações de análise dos sistemas fluviais de ambientes diferentes para essa região. Nesse caso, as pesquisas realizadas acerca do semiárido com adaptações, geralmente não corresponde à dinâmica real, pois além de haver as adaptações, as informações acerca desse ambiente são escassas, impossibilitando também à interpretação de sua dinâmica.

Esse estudo procura gerar uma base para o entendimento dos canais fluviais em uma bacia de ambiente semiárido, que comparado com os outros semiáridos do mundo, o brasileiro apresenta os maiores índices demográficos, fazendo com que sejam geradas formas de convivência com a seca. Mesmo sendo áreas que os índices de evaporação superam o de precipitação, a dinâmica de seus canais fluviais continuam sendo a base de sustento hídrico das populações que estão inseridas em tais ambientes, como também, os canais são os principais agentes de esculturação do modelado terrestre (AB'SÁBER, 2004).

Portanto, estudos voltados para a gestão e entendimento dos ambientes fluviais semiáridos são importantíssimos, na perspectiva de proporcionar formas de adequação e convivência com a seca.

Como trabalho científico, a corrente filosófica norteadora desta pesquisa é a sistêmica, onde a troca de energia e matéria dos sistemas ambientais produzem os processos existentes na superfície terrestre. E com base no sistema fluvial, que possui erosão, transporte e deposição de sedimentos, produzem a perspectiva de considerar a dinâmica hidrossedimentológica em sua totalidade.

Tendo em vista que o sistema fluvial apresenta processos gerados através do *input* de energia e matéria no sistema, causa interação entre seus elementos através dos processos de erosão, transporte e deposição. Isso remete que o sistema ambiental físico apresenta modificação de acordo com o tipo de intervenção, ou seja, o aumento nas condições hidrológicas de vazão no canal pela transposição pode proporcionar maior energia e, conseqüentemente, aumenta a capacidade de incisão do canal no seu leito e o alargamento das margens pela maior capacidade e competência de transporte fluvial.

Dessa forma, dependendo das características de um canal anteriormente efêmero ou intermitente, a perenização do mesmo através da transposição pode alargar suas margens, aprofundar seu talvegue e aumentar a capacidade e competência de transporte do canal, modificando sua estrutura e também o uso de áreas ribeirinhas pelas populações que residem em tais áreas.

Com isso, o Alto Rio Piranhas, canal analisado por esta monografia, sofrerá os impactos trazidos pela transposição do Rio São Francisco através de seu Eixo Norte, alterando completamente sua morfologia atual. Optou-se em fazer o trabalho no

perímetro do Alto Piranhas por motivos de dinâmica natural do ambiente selecionado. Pois, é importante salientar que após a confluência com o Rio Piancó (um dos principais afluentes do Rio Piranhas), o canal é perenizado artificialmente, alterando a dinâmica natural do sistema fluvial semiárido.

Sendo assim, o objetivo do trabalho é identificar e caracterizar os estilos fluviais e sua estabilidade lateral.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Identificar e caracterizar os estilos fluviais e sua estabilidade lateral no canal principal da bacia hidrográfica do Alto Rio Piranhas (PB).

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar os condicionantes ambientais da bacia hidrográfica;
- Identificar e caracterizar os estilos fluviais do Alto Rio Piranhas;
- Analisar a estabilidade das margens;

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para dar base para este trabalho e uma melhor compreensão ao leitor, esta pesquisa preocupou-se em estruturar o texto em temas específicos à pesquisa, abordando e destrinchando os principais conceitos aqui analisados e como foram utilizados. Tendo em vista conhecimentos acerca de sistemas, sistema fluvial, estabilidade e instabilidade, dinâmica fluvial semiárida, estilos fluviais e por fim, intervenções, degradação ambiental e condição ambiental, buscou-se apresentá-los de forma clara e específica.

3.1 Sistema Fluvial

A necessidade de uma corrente filosófica que sustentasse a forma de fazer ciência dos diversos campos do conhecimento proporcionou a partir de 1950 a inserção da TGS (Teoria Geral dos Sistemas), como corrente de pensamento filosófico (criada pelo biólogo Bertalanffy), que abarcasse os diversos campos do conhecimento científico, pois ele pressupunha que existisse a necessidade de uma episteme que lhes desse uma linguagem científica única (VICENTE, 2003, pág. 329). Nessa perspectiva, sistemas nada mais são do que um complexo de componentes em interação (BERTALANFFY, 1975, apud. SOUZA, 2013, pág. 225), ou seja, não se pode considerar estudos separadamente dos diversos elementos do sistema, descartando suas interações processuais, o que remete a fazer uma análise totalizadora, que deva se preocupar com o todo e não mais com as partes, como era antes feito na perspectiva positivista.

É importante deixar claro que para fazer pesquisa numa perspectiva sistêmica, devem-se considerar três aspectos fundamentais do sistema: energia, matéria e estrutura (CHRISTOFOLETTI, 1980). Dessa forma, partindo da premissa de que em determinado sistema aberto tudo está conectado, uma alteração em qualquer que seja dos aspectos acima mencionados, geram alteração nos processos e nas formas, onde nada está isolado, mas possui dentro dessa ideia, uma hierarquia de importância, ou seja, elementos que estão independentes e outros que estão dependentes dos primeiros.

De qualquer forma, as bases sistêmicas consideram a ideia da complexidade, realçando a necessidade de análise integral de todos os elementos. Christofolletti (1979) afirma que a quantidade de elementos no sistema, e suas relações podem ser medidas, o que expressa a qualidade de seus atributos, o que possibilita a interpretação totalizadora do sistema, tendo em vista que não é o sistema em si que é medido, mas seus elementos e atributos. Nessa perspectiva, o sistema ambiental é complexo pela quantidade de elementos e atributos.

No sistema fluvial, tal dinâmica não ocorre de forma diferente, sendo um sistema não isolado aberto e funcional, onde o *output* de energia de um sistema climático se torna o *input* de energia do sistema bacia hidrográfica e conseqüentemente fluvial, aumentando a escala de análise de bacia para canal, as questões de formação, transporte e deposição de sedimentos é o foco de análise em sistemas fluviais.

Santos (2017) salienta que é importante compreender as bases sistêmicas, para posteriormente entender os conhecimentos que estão engajados nessa corrente de pensamento, que no caso desta monografia é o sistema fluvial.

Nessa perspectiva, o sistema fluvial consiste nos processos de formação, transporte e deposição de sedimentos que ocorrem nos ambientes fluviais (SOUZA, 2013), a partir de uma entrada de energia que gera o funcionamento do sistema através de seus processos, que são vistos na interação dos elementos que o compõe. É importante salientar que nenhum dos processos dos sistemas fluviais funciona de forma excludente, ou em pontos isolados no sistema, mas, podem ocorrer simultaneamente num mesmo perímetro, só que ocorre a predominância de um desses processos, gerando assim, suas zonas (SHUMM, 1977. apud. SOUZA, 2013).

O sistema fluvial é um sistema aberto, que apresenta entrada e saída de materiais e energia na forma de fluxo e material sedimentar, ou seja, os fluxos hidrossedimentológicos servem como parâmetro de indicação do nível de equilíbrio desse sistema, pois sua dinâmica pode gerar formas como resultantes de seus processos (CHRISTOFOLETTI, 1979). Com isso, uma alteração nas formas pode gerar alteração nos processos e vice-versa.

Dado o exposto, existe toda uma dinâmica e inter-relacionamento das variáveis do sistema fluvial para encontrar um equilíbrio na paisagem. Assim, dependendo das

condições climáticas, como quantidade e distribuição da energia, o sistema procura uma ajustagem a seus diferentes níveis, para organizar e estruturar o sistema, tendo como resultado a sua dinâmica e morfologia.

No caso do sistema fluvial, a forma como a energia entra nesse sistema não acontece de forma regular/distribuída para toda a bacia hidrográfica, mas apresenta pontos com uma maior recarga de água que outras, como também, apresenta variação dos elementos da paisagem, refletindo em características peculiares para diferentes trechos da bacia.

A forma como essa energia chega ao sistema fluvial também não acontece de forma direta, ou seja, a literatura atual indica os possíveis processos que dão origem à dinâmica sistêmica de ambientes fluviais. O processo antes de ser iniciado, depende das inter-relações de todo o sistema ambiental físico que o influencia, onde o sistema fluvial é parte de um sistema ambiental maior, designado de bacia hidrográfica, que apresenta fatores bióticos, abióticos e antrópicos. Com isso, os canais fluviais não são elementos isolados no sistema ambiental físico bacia hidrográfica, mas é parte funcional de um sistema aberto maior que está interligado (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A partir disso, conceitos como equilíbrio, limiar de mudança e evolução da paisagem são fundamentais para compreensão de estudos em ambientes fluviais, onde não se pode estudar os canais fluviais analisando os elementos do sistema de forma separada, impedindo a compreensão de seu funcionamento como unidade organizada complexa (PEREZ FILHO, 2004).

O conceito de equilíbrio em geomorfologia foi primeiro utilizado pela abordagem analítica de Chorley na década de 1960, onde o autor defendeu a ideia de que os fatores internos, ou seja, os esforços geotectônicos associados aos fatores externos (clima) geravam um processo de interação constante que resultava numa paisagem topográfica (VICENTE, 2003). Dessa forma, equilíbrio é o ajustamento completo de todas as variáveis internas às condições externas do sistema ambiental.

Christofoletti (1979) afirma que nessa perspectiva, as condições externas tem papel relevante sobre o equilíbrio dos sistemas ambientais, como principal fonte de energia geradora de entropia, que, quando suas condições permanecem inalteradas em determinado período de tempo, possibilitam o ajustamento das variáveis, alcançando o

estágio de máxima entropia, ou seja, quantidade de energia mínima para realizar trabalho mecânico, já que o sistema consegue dissipar e absorvê-la completamente. Com isso, o referido autor conclui afirmando que, em um sistema fluvial, a quantidade de energia que entra e sai em equivalência demonstra o caráter equilibrado do ambiente fluvial, contudo, quando a entrada ou a saída forem superiores uma à outra, reflete o desequilíbrio.

Entretanto, Christofolletti (1981) afirma que o desenvolvimento das pesquisas sistêmicas em geomorfologia fluvial remeteu à análise do perfil longitudinal como indicador do estado de equilíbrio de um segmento de sistema fluvial, onde a taxa de energia, fluxo de material e natureza do sistema indica o seu equilíbrio, ou seja, se não houver uma equivalência entre a quantidade de matéria e energia que entra e sai no sistema, o mesmo funcionaria de forma não estacionária em busca do equilíbrio.

Contudo, o desenvolvimento dos estudos em sistemas fluviais aprimorou a noção do que é o equilíbrio em um sistema de rios, fundamentada na perspectiva de que a frequência dos eventos e a morfologia predominante com pouca alteração no tempo geológico ou histórico (dependendo do objetivo do pesquisador) reflete o equilíbrio na paisagem.

Rocha (2006) afirma que uma alteração nos condicionantes do equilíbrio da paisagem fluvial pode gerar alterações na sua morfologia, causando erosão ou agração, dependendo do tipo de alteração (ROCHA, 2006). Contudo, alguns tipos de rios apresentam características erosivas como dinâmica equilibrada, pois o que define o processo atuante do canal são suas características morfológicas e energia disponível para gerar trabalho mecânico, levando a crer que um canal que apresenta áreas erosivas não necessariamente está desequilibrado.

Os meandros ativos são exemplos nessa questão de equilíbrio em áreas erosivas, pois são canais sinuosos que respondem a um sistema fluvial auto-organizado em função de ajustes ao longo do tempo e espaço (CASTRO, 2015). Os meandros possuem dinâmica erosiva numa margem e deposicional na outra por conta das entradas de energia no sistema que proporciona ajustes a essas flutuações nas condições de energia, contudo, a predominância dessa dinâmica e morfologia indica que tal organização dos elementos que compõem o sistema fluvial meandrico é estável (MATTOS, 2004).

Assim, é atribuído a esses canais o processo de migração lateral ao erodir suas margens côncavas e depositar nas margens convexas, fazendo com que a dinâmica renove os ambientes fluviais, criando unidades geomórficas laterais aos canais. Dessa forma, as características dos elementos que compõem o sistema ambiental fluvial são as responsáveis por essa dinâmica (erosão e deposição em um mesmo trecho de rio), levando em conta que ao passo que o canal erode, ele também deposita, em uma dinâmica equilibrada.

Nessa perspectiva, um sistema aberto equilibrado possui um limite de energia que pode absorver sem precisar apresentar mudança, esse limite é chamado de limiar de mudança. Associado a esse conceito, está o de entropia, que é a quantidade de energia disponível no sistema fluvial para realizar o trabalho mecânico, ou seja, gerar o processo fluvial. Assim, quanto maior o grau de entropia no sistema, menor é a quantidade de energia para realizar trabalho (CHRISTOFOLETTI, 1981), onde as causas dessa baixa energia podem ser originadas pelo déficit no *input* de energia, ou o próprio sistema que apresenta alta capacidade de absorção.

Dessa forma, caso o *input* de energia seja alto e a entropia ficar com níveis baixos, refletindo uma alta quantidade de energia no sistema, e essa quantidade de energia superar os limites de absorção, pode gerar uma mudança nas formas, permanentes ou não (CHRISTOFOLETTI, 1979), como por exemplo, as chuvas no semiárido, que ocorrem de forma intensa em um pequeno espaço de tempo, provocando uma grande entrada de energia no sistema hidrográfico, que por sua vez, não tem grandes capacidades de absorção dessa quantidade de água, tendo que dissipá-la no sistema, que fica em baixos níveis de entropia e modifica drasticamente sua forma. Para fixar melhor o entendimento, caso o semiárido, por exemplo, possuísse uma boa capacidade de absorção através de altos níveis de infiltração dessa quantidade de água que entra no sistema, os níveis de entropia seriam altos, pois a quantidade de energia no sistema seria pouca e a realização de trabalho mecânico seria menor também.

Em outro exemplo, caso uma chuva de determinados mm não ultrapasse o limiar de mudança existente no sistema fluvial, essa energia vai fluir como vazão ou ser absorvida pelo sistema sem apresentar mudança na morfologia do canal, mas, caso a quantidade de chuva ultrapasse o limiar, gera alterações como alargamento das margens, aprofundamento do vale, remoção de unidades geomórficas, etc.

Dado o exposto, tendo em vista os exemplos dados sobre limiar de mudança e entropia, remetem assim os conceitos de retroalimentação, capacidade de ajuste e resiliência.

A retroalimentação é uma ciclicidade de ação (CHRISTOFOLETTI, 1980) que acontece após uma alteração na quantidade de energia no sistema, ou em alguma das formas. Assim, caso um sistema apresente uma alteração tanto na quantidade de energia como nas formas, ocorre um efeito nos demais elementos do sistema, pois está tudo conectado, podendo gerar diferentes tipos de retroalimentação, desde sua mudança permanente (negativa), até sua destruição (positiva) caso não tenha uma capacidade de ajuste que se adapte às novas condições do sistema. Assim, a capacidade de ajuste como o próprio nome diz, é a capacidade do sistema fluvial de se ajustar/adaptar às novas condições de energia a partir da geração de um novo equilíbrio, onde Christofolletti (1979) designava tal termo como o novo estado de equilíbrio ou estabilidade.

Já a resiliência é a capacidade que o canal tem de voltar ao seu estado de equilíbrio anterior ou próximo a ele, após apresentar uma pequena mudança pelas oscilações de matéria e energia dentro do sistema, ou seja, caso a alteração nos *inputs* de energia supere os limiares de mudança do sistema fluvial e não gere retroalimentação negativa ou positiva, o canal pode retroceder próximo ao seu estado inicial (CHRISTOFOLETTI, 1979).

Dado o exposto, de modo geral, as formas da paisagem podem possibilitar a interpretação dos processos que ocorrem sobre ela, onde o estudo de algumas variáveis é de suma importância para seu detalhamento.

Uma dessas variáveis é a questão da estabilidade, que segundo Christofolletti (1979) é uma quantidade de energia e matéria que um sistema pode suportar, ou seja, é uma absorção das flutuações em determinada amplitude sem que o sistema apresente mudança, mantendo sua morfologia, onde o referido autor enfatiza que quando as flutuações/variações de energia e matéria ocorrem nessa faixa de amplitude, o sistema se mantém estável, podendo-se dizer que está em um estado estacionário. Ele ainda afirma que a escala temporal serve como principal indicador do estado de estabilidade do sistema, dando como exemplo a descarga sedimentar de um canal fluvial, que pode apresentar médias de transporte anual semelhante em períodos de 20 ou mais anos, mas

caso essa análise seja feita em uma escala diária, as variações de carga detrítica pode variar muito.

Dentro da ideia do equilíbrio dinâmico, a estabilidade é uma fase do equilíbrio dinâmico onde os elementos do sistema e seus atributos estão todos ajustados e o nível de entropia é máximo, ou seja, apresenta pouca energia para gerar trabalho e dinamismo no sistema (ABRAHAMS, 1968, apud. CHRISTOFOLETTI, 1979).

Nessa perspectiva, estabilidade de formas está relacionado com a resistência que o elemento/unidade da paisagem apresenta frente aos processos atuantes na área. Já a instabilidade é o inverso, ou seja, é uma forma mutável que varia sua posição ou tamanho com maior frequência e não apresenta boa resistência. Nessa perspectiva, não é possível falar de estabilidade/instabilidade do sistema sem antes ter uma noção de resistência.

A resistência é a capacidade que um sistema, unidade ou elemento tem de apresentar frente às forças de distúrbio sem apresentar mudança (BRUNSDEN e THORNES, 1979; MATTOS e PEREZ FILHO, 2004).

Souza afirma que:

(..) a estabilidade é a relação entre resistências e perturbações nas paisagens, com as devidas diferenças espaciais e temporais. Ela pode ser medida pela proporção da magnitude das forças de perturbação e da magnitude e eficiência do limiar de estabilidade, a partir do qual o sistema passa a ter respostas perceptíveis à mudança (BRUNSDEN e THORNES, 1979. apud. SOUZA, 2014, pág. 43).

De acordo com Hugget (2007) o estado de estabilidade está completamente atrelado ao equilíbrio do sistema, onde os sistemas estáveis apresentam magnitude e duração de respostas proporcionais para as mudanças ou distúrbios no sistema; que em contrapartida, os sistemas não-equilibrados apresentam uma dinâmica instável, onde as magnitudes e duração das repostas são desproporcionais, quando comparadas.

Para isso, é necessário considerar as medições determinantes, que para a estabilidade são as séries de tempo analisadas, grau de entropia na paisagem e índices divergentes. E a proporcionalidade entre respostas e distúrbios, são medidas através dos índices de divergência/índices de magnitude de perturbação.

Sendo assim, o sistema apresenta um limite de resistência denominado de limiar de mudança, que geralmente apresenta alterações com eventos de alta magnitude, como os eventos extremos. Os fatores de distúrbio são gerados a partir de uma alteração nos *inputs* de energia a partir de fatores climáticos, geológicos, bióticos e antrópicos, onde essa última atua com mais intensidade sobre um sistema ambiental, ou seja, com mais velocidade de alteração na dinâmica natural equilibrada (BRUNSDEN, 2001. apud KLEINA, 2016). Mas Souza (2014) defende o fato de que não se pode confundir força de distúrbio com alteração no limiar de resistência, dando o exemplo de uma interferência antrópica no sistema a partir da retirada da vegetação, que diminui a resistência da forma a qual ela estava inserida, não aumentando a força de distúrbio.

Como foi dado o exemplo da vegetação como influenciadora no grau de estabilidade no sistema, os estudos de Kleina (2013) servem de base para defender o argumento do parágrafo anterior, onde suas análises indicam a vegetação como um dos fatores que são importantes para a caracterização de estabilidade/instabilidade de um sistema fluvial:

A vegetação é um dos principais condicionantes de estabilidade das margens e de feições fluviais. Se as feições estão estagnadas, formará uma vegetação, na forma de herbáceas ou até arbustivas, porém, se as deposições são recentes, caracterizadas superficialmente como arenosas, indicam que o canal está instável (KLEINA, 2013, pág. 25).

Dito isto, a compreensão da estabilidade a partir de conceitos como resistência e limiar de mudança possibilita a identificação de áreas frágeis, como também, de áreas mais resistentes, o que possibilita a interpretação da morfologia e sua capacidade de ajuste no sistema fluvial às forças de perturbação. Toda essa discussão teórica sobre tais conceitos possibilitam uma maior compreensão da dinâmica fluvial semiárida que é discutida a seguir.

3.2 Condicionantes Ambientais Semiáridos

A dinâmica fluvial semiárida é composta por dois tipos predominantes de escoamentos superficiais canalizados, que são os canais efêmeros e intermitentes.

Os rios do semiárido são irregulares e seus fluxos desaparecem durante o período de estiagem, onde o canal intermitente só apresenta fluxo durante o período chuvoso, passando parte do ano seco e a sua principal característica singular está nas forças que organizam seu ecossistema, localizados principalmente nas áreas de exceção do semiárido, que contribui muito para a diversidade biológica e paisagística da região (MALCHICK, 1996b. Apud. MALCHICK, 1999).

Os canais efêmeros apresentam escoamento superficial de curta duração que varia de horas a poucos dias durante ou logo após o evento de chuva, ocasionando uma descontinuidade. Geralmente as tempestades cobrem apenas uma parte da bacia, onde o transporte de fluxo sofre uma redução à jusante, com perdas por infiltração e evaporação (SUTFIN, 2014).

Nessa perspectiva, como os canais só apresentam fluxo em partes do ano, seu comportamento e morfologia são diferentes em relação aos canais perenes, pois a falta de energia no sistema gera deposição de material no leito, tendo em vista que o período de escassez de água no canal é quando ele está com seu funcionamento normal, pois qualquer nível de escoamento de água é considerado como uma cheia que realiza o trabalho mecânico.

É importante salientar que mesmo as terras secas apresentando um baixo índice de pluviosidade, se comparada com as áreas litorâneas, os detalhes de sua morfologia são atribuídos principalmente à ação dos rios sobre a superfície, ou seja, os estudos de geomorfologia fluvial semiárida são extremamente necessários para compreender os processos que atuam de forma singular sobre a superfície de terras secas (SOUZA, 2014).

Com isso, é preciso compreender a dinâmica das chuvas sobre o ambiente semiárido, principalmente o brasileiro, que apresenta elevadas temperaturas que geram grandes taxas de evaporação. Assim, os principais fatores que determinam a

variabilidade do clima na região são as características da superfície terrestre, mais distantes do oceano e mais elevadas (MARENGO, 2011).

Os principais sistemas fornecedores de energia na região são o VCAN (Vórtice Ciclônico de Altos Níveis), entretanto, o mais importante sistema é a ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), que apresenta no Atlântico a convergência dos ventos alísios de Norte e Sul, com movimentos ascendentes, baixas pressões, nebulosidade e chuvas abundantes (MARENGO, 2011).

De forma sintética, buscando compreender a dinâmica fluvial semiárida, os trabalhos de BIGARELLA, SUGUIO e BECKER, 1979, indicam que os canais fluviais passam a maior parte do ano secos, e, que o escoamento ocorre durante o período chuvoso, ou imediatamente após as chuvas, caracterizando assim os canais intermitentes e efêmeros (BIGARELLA, SUGUIO e BECKER, 1979, apud. SOUZA, 2015). Com isso, levando em consideração a perspectiva de que a frequência das formas e da vazão no funcionamento do sistema fluvial definem seu equilíbrio, pode-se dizer que o canal com água, independente do nível da vazão, já é considerado com ocorrência de um tipo de cheia, já que o seu padrão normal é quando ele está seco (SOUZA, 2015).

A vegetação também é vista como elemento chave para análise da dinâmica climática sobre a área, pois, além de funcionar como elemento preponderante para indicar estabilidade/instabilidade em ambientes fluviais, oferece respostas frente aos processos hidrológicos no ambiente semiárido, que são diferentes dos que acontecem nos ambientes úmidos. Nessa perspectiva, de acordo com o trabalho de Japiassú, A. (2016), com base em Locatelli e Machado (2004), afirma que um estudo em 58 espécies da caatinga, encontraram relação entre os padrões fenológicos e a precipitação, sendo observado que o pico de queda de folhas era no início da estação chuvosa, e sua recuperação durante essa estação.

Segundo Naghettini (2016), a água apresenta-se de diversas formas em um ciclo que influencia e serve de energia para o funcionamento dos sistemas ambientais da Terra. A influência dela sobre áreas com diferentes tipos de vegetação também muda. Desta maneira, um ambiente árido e semiárido que passa por períodos de estiagem, faz com que no período seco sua vegetação fique escassa/espaçada, impedindo que a superfície do solo fique protegida dos eventos de precipitação. Com a superfície

desprotegida, a velocidade da infiltração diminui, principalmente em áreas com maior inclinação do relevo, fazendo com que o escoamento hortoniano ou superficial seja gerado com maior velocidade que a infiltração no solo. Dessa forma, a produção de sedimentos ocorre de maneira acentuada nos primeiros momentos do evento chuvoso e oferece pouca resistência para a velocidade da lâmina d'água que a percorre.

Barbosa et al. (2006) afirma que a densidade e o vigor da vegetação tendem a aumentar nos anos chuvosos, e diminui consideravelmente nos anos secos (BARBOSA, et al. 2006, apud. SANTOS, 2007). Isso remete ao fato de que a vegetação no semiárido possui uma alta capacidade adaptativa, ou seja, pouco tempo após o início das chuvas no perímetro semiárido, a vegetação consegue se recuperar e atuar como proteção da superfície contra as intempéries geradas pelas precipitações, impedindo assim altos índices de produção de sedimento.

Araújo et al. (2005) afirmaram que a vegetação predominante em ambiente semiárido é a de caatinga, de dois tipos: as não florestais e as florestais. Segundo os referidos autores, as não florestais são representadas principalmente pela vegetação lenhosa caducifólia espinhosa (Savana Estépica), encaves de cerrado (Savana), e carrasco (vegetação arbustiva densa caducifólia não espinhosa) (LOIOLA, 2012).

Em conseqüências da relação entre os atributos do clima, geologia, e pedologia, em suas diversas interrelações, a caatinga se comporta de formas diferentes de acordo com a estação do ano, permitindo que sua folhagem caia na estação seca, como modo de precisar de menor quantidade de água para sobreviver nas terras secas. Isso gera um contraste na morfologia superficial na época seca e chuvosa, onde a vegetação adaptativa consegue se auto-ajustar às influências naturais dos elementos do sistema ambiental (Lima, 1981, apud. Alves 2009). A caatinga atual é oriunda de degradação antrópica, onde seu clímax é a floresta seca, que deu origem ao xerofilismo (KOECHLIN e MELO, 1980, apud. ALVES 2009).

Tendo em vista que a vegetação tem alta capacidade de recuperação, como foi visto nos parágrafos anteriores, a biota associada às precipitações nesses ambientes que ocorrem de forma intensa, faz com que ainda assim haja uma alta produção de material sedimentar, porque o intervalo de tempo entre o início das chuvas e a recuperação do

porte da vegetação permite a produção de sedimentos. Esse processo ocorre porque as chuvas geralmente são intensas e a superfície apresenta-se descoberta/desprotegida.

Os sedimentos produzidos são transportados para os ambientes fluviais através de fluxos não canalizados ou linearizados, fazendo com que os canais de maioria efêmeros sejam caracterizados por uma superfície de leito arenoso, graças a grande quantidade de material disponível e a alta entropia para fazer o trabalho mecânico de transporte desse material (SUTFIN. 2014).

Com base nessas informações, a atuação do transporte de sedimentos em ambientes semiáridos naturais acontece em apenas uma parte do ano, mais especificamente, quando ocorrem as cheias. Sem fluxo, o canal fica sem competência, gerando deposição, até que o próximo evento gerador de fluxo superficial remobilize o material de leito (SOUZA, 2015).

Assim, existe uma diversidade de canais fluviais no semiárido, que apresentam alterações na morfologia rapidamente, graças a sua pouca estabilidade. Diz-se pouca estabilidade porque o canal modifica sua forma constantemente, dependendo da duração e intensidade do evento chuvoso, onde existe dependência do ambiente fluvial em relação a seus elementos controladores.

Phillips (2009) afirma que a discussão de equilíbrio desempenha um papel de suma importância, quando os aspectos geomorfológicos são acerca de resistência, mudança e resposta nos sistemas ambientais.

De modo geral, o conceito de equilíbrio é relativamente atribuído a uma frequência de funcionamento dinâmico no sistema ambiental, que possibilita a manutenção da forma do sistema, ou seja, um estado estacionário e auto-mantenedor, que fora desse padrão, se torna não equilibrado ou temporário (tempo necessário para encontrar um novo equilíbrio). Contudo, essa visão privilegiada por tanto tempo no campo científico, possui oposições conceituais, como é o caso de modelos não estacionários equilibrados, tendo em vista que perturbações são relativamente comuns em algumas áreas, onde essa frequência faz parte de sua dinâmica comum (PHILLIPS, J. 2009).

Por exemplo, o semiárido passa por longos períodos de estiagem, onde o fluxo de seus canais fluviais é na maioria das vezes intermitente e efêmero (remetendo ao fato de que um canal sem fluxo, não pode transportar material sedimentar), contudo, quando ocorrem as chuvas nos períodos chuvosos, que geralmente apresentam intensidade capaz de gerar escoamento superficial, concede ao canal energia suficiente para fazer o processo de transporte.

Tendo como base que o canal passa a maior parte do tempo seco com o leito preenchido de sedimentos (sem fluxo superficial), com pulsos de escoamento em outra parte do ano, e que o evento de escoamento independente de sua vazão, já pode ser considerado uma cheia (SOUZA, 2015), remete que esse é o funcionamento normal, equilibrado do sistema fluvial semiárido.

Assim, o ajuste de um sistema é relacionado à dissipação de energia, onde a mudança na forma pode ser reversível ou não reversível, dependendo da resistência e do limiar de mudança do sistema.

É importante salientar que a percepção de não-equilíbrio ou desequilíbrio faz parte de um período específico no pensamento sistêmico em Geomorfologia, onde os questionamentos sobre equilíbrio e estado estacionário possibilitaram o surgimento de tal perspectiva. Assim, a consideração que um sistema possui um limiar que separa a dinâmica mantenedora de uma forma, justifica que a superação desse limiar causa uma mudança em seu estado médio (SCHUMM, 1973, 1977. apud. HUGGET, 2007).

Essa forma de pensamento remete que os longos períodos de estiagem associados a eventos episódicos de entrada de energia, representa a dinâmica ajustada das variáveis/elementos do sistema ambiental semiárido, que possuem intrínsecos a essa perspectiva seus respectivos limiares de mudança, que podem reagir sensivelmente ou abruptamente com alterações nas formas dependendo da intensidade de perturbação no sistema.

Dado o exposto, caso o limiar seja superado, é necessário que haja tempo para que o canal apresente reversibilidade, sem que haja perturbação de outro evento extremo durante o processo resiliente, caso tenha capacidade de resiliência (PHILLIPS, 2009).

Phillips (2017) afirma que a avaliação da estabilidade do canal é de vital importância para gerenciamento apropriado de ambientes fluviais. Inferindo que identificar as áreas estáveis e instáveis preconiza o direcionamento das áreas que precisam ser restauradas ou reabilitadas para uso dos recursos de forma adequada. Sendo assim, o potencial de um rio fluvial em remodelar seu ambiente fluvial pode ser expresso em termos de energia disponível (ao superar os limites de resistência interna), executando através de mecanismos geomorfológicos: erosão, transporte e deposição de sedimentos.

Nessa perspectiva, o equilíbrio entre magnitude e frequência dos fluxos é essencial para compreender as mudanças no sistema fluvial. Ou seja, o tempo e a intensidade do distúrbio é que irá conceber a alteração abrupta ou constante, onde os eventos de alta magnitude apresentam-se com anos de recorrência, fazendo os trabalhos de abrupto transporte de sedimentos e retrabalhando feições geomórficas num curto espaço de tempo, enquanto os eventos de baixa magnitude apresentam alta frequência, mas não possuem energia suficiente para erodir e arrastar sedimentos em grandes quantidades (SOAR et al, 2017).

Assim, havendo uma diferença entre a capacidade e competência de transporte no canal através de aumento na declividade, descarga de fluxo ou diminuição na quantidade de material sedimentar, ocorre a busca por um novo estado, já que o canal passa assim por um período de instabilidade, forçando-o a ajustar-se às novas condições alterando sua morfologia.

Com isso, o fator tempo é de extrema importância, pois ele indica os eventos de alta e baixa magnitude, morfologia existente de acordo com esses períodos e as modificações que ocorrem de acordo com a intensidade dos eventos.

Assim, os estudos do referido autor partem de análises hidrossedimentológicas para compreender o grau de estabilidade do canal em uma série histórica, ou seja, o funcionamento do sistema de acordo com o tempo lhe atribui um padrão morfológico e dinâmico, onde as alterações na energia ou nos materiais alteram a forma do sistema fluvial.

Contudo, atualmente as informações sobre as taxas hidrossedimentológicas são escassas, fazendo com que os pesquisadores que utilizam esse parâmetro façam modelagem de informações para alcançar seus resultados (SOAR, 2017).

Toda essa base de informações acerca da dinâmica semiárida, traz à necessidade de estudos que abarquem esse ambiente complexo de forma mais aplicada possível, sem tantas adaptações ou generalizações a partir de informações geradas para ambientes úmidos. Mas, sabendo que a grande dificuldade em estudos geomorfológicos sobre ambientes fluviais semiáridos, parte da premissa que a literatura não apresenta estudos detalhados para essa área do conhecimento (AB'SÀBER, 2004), remeteu a análise a partir de uma série de adaptações feitas por diferentes pesquisadores, mas não adaptações de estudos feitos para ambientes fluviais úmidos, e sim, de outros ambientes fluviais de ambientes semiáridos, áridos e subúmidos de outras partes do mundo.

3.3 Estilos Fluviais (*River Styles*)

Modelos de classificação fluvial existem desde meados do século XX, por exemplo: Guerra (1998), baseado em Leopold e Wolman (1957) descreve alguns padrões para canais/drenagem afirmando que a morfologia de um canal fluvial se modifica dentro de seu perfil longitudinal apresentando formas como retilínea, anastomosada e meândrica. Segundo Rosgen (1994), Schumm (1963) apresentou uma classificação com base no índice de sinuosidade, diminuindo os canais em meandantes, transicionais e retos, baseado também na estabilidade do canal e modo de transporte de sedimentos. Culbertson et al. (1967) fez uma classificação descritiva a partir de alguns aspectos, como: vegetação, sinuosidade, planície de inundação e unidades geomórficas. Schumm (1977) tentou classificar os rios tendo como base de análise o transporte de sedimento, estabilidade do canal, dimensões do canal e afirmou que um aumento no gradiente leva a uma diminuição na estabilidade mudando sua forma.

O trabalho de Kellerhals et al. (1976), apresenta uma classificação baseada em uma lista mais detalhada e completa dos recursos e do vale. Considera a presença de barras, ilhas e rugosidade do fundo do leito, ampliando as classificações convencionais, assim, um canal pode ser: reto, sinuoso, irregular e meândrico regular ou tortuoso. As ilhas podem ser classificadas como: ocasionais, frequentes, separadas e anastomosadas.

E as barras, como: laterais, de pontal, ou longitudinais (SCHUMM, 1963; CULBERTSON et al. 1967; SCHUMM, 1977; KELLERHALS et al. 1976; apud. ROSGEN, 1994).

Entre as classificações contemporâneas mais utilizadas, Rosgen (1994), numa análise em 450 rios de 5 Países diferentes, afirma que uma classificação de canais é uma organização dos dados sobre as características do canal, sendo o sistema de classificação fluvial uma meta para indivíduos que trabalham com rios, servindo para compreender os seus processos que possuem um grau de complexidade elevado sobre um conjunto de variáveis inter-relacionadas que determinam a morfologia (dimensão, padrão e perfil) de um canal. Esta morfologia é diretamente influenciada por oito variáveis importantes, que são: largura, profundidade, velocidade, vazão, declividade, rugosidade, carga sedimentar e tamanho dos sedimentos. Uma alteração em qualquer das variáveis, causa uma série de ajustes no canal, alterando o seu padrão, com isso, o autor afirma que estas variáveis deveriam ser utilizadas como critério de classificação, ou seja, a classificação dos rios é uma organização dos dados e o nível de classificação deve ser compatível com o objetivo do planejamento inicial. Ele divide a classificação em três níveis de análise de canais, sendo assim, para uma melhor descrição, o nível de detalhe deve ser de acordo com suas características morfológicas e geomorfológicas.

Uma forma de classificação de canais fluviais mais recente é a de *River Styles* (estilos fluviais) criada pelos pesquisadores australianos Brierley e Fryirs, junto à agência australiana de conservação da água (KLEINA, 2013). Nessa forma de classificação, Brierley e Fryirs (2000) afirmam que historicamente a diferenciação de tipos de rios tem sido baseada na forma em planta do canal, sendo que esta perspectiva minimiza a importância de relações geomórficas e dos tipos de várzea. Dessa forma, eles utilizam na sua classificação quatro escalas interligadas: bacias hidrográficas, unidades de paisagem, estilos fluviais do rio e unidades geomórficas (PEIXOTO, 2010). Essa abordagem diseca efetivamente uma bacia, caracterizando estilos de rios para diferentes unidades de paisagem. Já os estilos são definidos a partir de análises em termos de geometria do canal, visão em planta e o conjunto das unidades geomórficas (BRIERLEY, 1996. apud. BRIERLEY e FRYIRS, 2000).

Nessa perspectiva, a metodologia de estilos fluviais pode ser definida como a determinação das características e comportamento de um rio a partir da identificação de

um conjunto de unidades geomórficas em um trecho de canal que possibilitam a interpretação dos processos biofísicos da área. Sua identificação serve como parâmetro para caracterizar os estilos fluviais. As unidades geomórficas possibilitam a interpretação dos processos pelas quais são feitas, refletindo o comportamento/processo atuante em cada trecho do sistema fluvial.

Dessa forma, o estilo fluvial também está profundamente associado ao perfil longitudinal que define o gradiente, como também, outras variáveis: geologia, tipo de vale e grau de sinuosidade (BRIERLEY e FRYIRS, 2003, apud KLEYNA, M. 2014); onde os principais atributos morfológicos servem de base para a classificação dos principais trechos de uma bacia. Com isso, os estilos são avaliados em relação ao seu contexto paisagístico resultante dos processos geomorfológicos tanto no seu perímetro fluvial, como também no entorno (CORRÊA, SILVA, et al., 2009; SOUZA e CORRÊA, 2012b, apud SOUZA, J. 2014).

Existem 3 estágios de no modelo de estilos fluviais, onde o primeiro consiste em identificar, interpretar e mapear os rios em toda a bacia hidrográfica. O segundo estágio envolve a avaliação das condições geomórficas de cada trecho de cada estilo de rio da bacia, estruturada de acordo com uma análise da evolução dos rios. Já o terceiro é alcançado ao interpretar a dinâmica de cada segmento fluvial na bacia em que esse encontra inserido, é possível gerar o potencial de restauração geomórfica de cada trecho de cada estilo de rio. Posteriormente, são estabelecidas previsões de cenários futuros. (BRIERLEY et. al., 2016).

Diferentes pesquisas foram feitas com essa metodologia para diversos ambientes no Brasil, como é o exemplo de Mello (2006), Kleina (2013) e Souza (2016), entre tantos outros, foram citados aqui os que serviram de referência para construção de tal pesquisa sobre os estilos fluviais. Ou seja, Mello (2006) considerando a estrutura do rio, afirmou que as variáveis a serem analisadas são: forma em planta, geometria, unidades geomórficas, cobertura vegetal e textura do material (FRYIRS E BRIERLEY, 2000. apud. MELLO, 2006).

Kleina (2013) embasada em Brierley e Fryirs (2005), afirma que é um método de classificação de segmentos de rio, que considera as características morfológicas e processuais como base para caracterizar sistematicamente a organização das variáveis

como partes homogêneas no sistema fluvial, a partir de variáveis como: forma em planta, geometria do canal, granulometria, unidades geomórficas e estabilidade. O que remete à compreensão que um rio pode apresentar diferentes trechos de acordo com sua evolução longitudinal. Nessa perspectiva, as características de cada trecho do sistema fluvial são definidas pelos elementos do sistema que estão localizados em seu entorno.

Já Souza (2014) afirma que a perspectiva de estilos fluviais consiste em caracterizar diferentes segmentos de rios a partir de três escalas de análise distintas, ou seja, o conjunto de atributos de uma bacia hidrográfica reflete os índices de situação fluvial a partir de três campos: planta do canal; unidades geomórficas; e textura do leito (BRIERLEY E FRYIRS, 2005. apud. SOUZA, 2014). Ele também trás à luz a ideia de que os estilos fluviais não excluem a inter-relação do ambiente fluvial com seu entorno, onde a relação com o contexto paisagístico, suas ligações espaciais e temporais possibilitam a avaliação dos tipos de estilos de canais.

Ainda nessa perspectiva, Maia (2016) fez um estudo para uma área semiárida no Cariri Paraibano, onde sua análise consistiu numa metodologia adaptada de outros ambientes semiáridos do mundo, conseguindo alcançar resultados a partir da classificação de canais fluviais, com base na identificação de unidades geomórficas, confinamento do canal e seu padrão em planta. O que possibilitou identificar diferentes trechos dentro de uma mesma bacia de drenagem, ou seja, a aplicação da metodologia adaptada ao mesmo tempo que se fez necessária, também se mostrou de grande utilidade para classificar canais fluviais semiáridos.

Santos (2017) também trabalhou na mesma perspectiva que Maia (2016), só que para na bacia do Alto Paraíba, de maior extensão espacial, e localizada também no cariri paraibano. O referido autor conseguiu identificar diferentes canais fluviais a partir de dados de sensoriamento remoto, identificação e caracterização das unidades geomórficas, textura do material e das margens do leito, considerando a estabilidade das margens do canal como indicador de classificação fluvial.

Oliveira (2018) em seu estudo, preocupou-se em analisar os impactos que a transposição do Rio São Francisco pelo Eixo Leste poderia trazer para o sistema fluvial do Alto Rio Paraíba, onde propôs uma análise de natureza hidrossedimentológica, a

partir de procedimentos de coleta de dados de velocidade e topografia dos trechos escolhidos pela metodologia de estilos fluviais.

3.4 Intervenções, degradação ambiental e condição ambiental

a) Intervenções e impactos no sistema fluvial

As barragens são vistas atualmente como uma das melhores formas de gerenciamento dos recursos hídricos, permitindo sua estocagem por mais tempo na rede fluvial e ajudando a população que depende dessa água a conviver com as secas (ARAÚJO, 2006; SANTOS, 2000). Outras medidas são as transposições de águas, perenização e canalização de rios. Mas, estas intervenções causam modificações nas formas e nos processos, podendo gerar alterações na diversidade fluvial.

As barragens geram alterações que majoritariamente são caracterizadas pela diminuição na velocidade do fluxo causada pelo barramento, fazendo com que haja um aumento na deposição de sedimentos para montante da barragem, pois o fluxo passa a ser lântico, e com isso, na jusante ocorre o oposto, pela perda de material de transporte a capacidade erosiva aumenta conforme aumenta o distanciamento da barragem (GRAF, 1998. Apud SOUZA, 2012).

Muitas vezes, sem um planejamento adequado, estes barramentos podem causar a degradação da qualidade da água, em virtude do aumento da concentração de elementos químicos dissolvidos. Dessa forma, os pequenos barramentos oferecem além das mudanças morfológicas e processuais no sistema fluvial em uma bacia, podem colaborar com o aumento da salinização, pois o semiárido brasileiro é uma região que possui altos índices de evaporação, com isso, em um período de seca, esses pequenos acúmulos de água passam a sofrer uma redução considerável no seu volume, e caso a próxima recarga pluviométrica não seja suficiente, a massa de sal consequentemente aumenta, e se esse fenômeno se repetir por alguns anos, pode acabar produzindo a salinização das águas e impedindo seu uso pessoal (STOLF, 1977 e STOLF et al. 1979. Apud. STOLF, 2010).

Essas intervenções atingem o canal em três áreas diferentes, onde uma dessas partes está à montante do canal, que sofre alteração em seus processos e na sua forma,

fazendo com que haja um levantamento em seu nível de base local e ao mesmo tempo um acúmulo de sedimento no reservatório, diminuindo em muito dos casos o tempo útil de utilização; as outras duas consistem em consequências geradas pela modificação de fluxo em situação lótica para lântica; e uma terceira área localizada à jusante com modificações geradas devido ao controle artificial do regime do fluxo, causando entalhe do leito, erosão das margens e deposição mais à jusante (CUNHA, 1998).

Sobral (2010) aplica um estudo com base na construção de barragens superficiais e subterrâneas como medidas de combate à seca no Nordeste, onde o foco principal de sua análise é designar o tipo de barragem mais útil no ambiente semiárido, mais precisamente no Município de Cabrobó em Pernambuco. Em tal estudo, ele definiu os aspectos positivos e negativos de cada uma e definiu a subterrânea como de maior utilidade, se caso, o objetivo final for a agricultura, pois apresenta maior durabilidade e qualidade de água. Mas em relação ao uso pessoal e animal, a superficial funciona melhor, onde o maior problema dessa última são as altas taxas de evaporação que o ambiente apresenta, impedindo que sua utilidade apresente longevidade considerável, como também, o risco de salinização das águas, assoreamento, alteração na dinâmica hidrossedimentológica, entre outras coisas que não ocorrem numa barragem subterrânea.

Já a canalização é uma obra antrópica que envolve consideráveis impactos no ambiente fluvial, ela consiste no alargamento e aprofundamento da calha fluvial, retificação do canal, criação de canais artificiais, diques, proteção de margens e remoção de obstáculos. Dentre estes, a retificação é uma das principais geradoras de impactos, onde a maior finalidade é o controle das cheias, drenagem de terras alagadas e até melhoria no canal para a navegação (CUNHA, 1998).

Outra medida para minimizar as consequências causadas pelas secas do Nordeste é a transposição de rios. Segundo (NEVES, C. 2009), a transposição pode ser entendida como uma integração de águas feitas entre bacias superavitárias para bacias que passam por períodos de seca, com o objetivo de diminuir os problemas em determinadas regiões que apresentam déficits hídricos temporários ou permanentes. Este tipo de intervenção causa impactos significativos, que podem ser sócio - econômicos e ambientais. Os gastos com transposições não servem como base de parâmetros negativos, pois os governos possuem gastos contínuos causados pelas secas. A partir

disso, a ideia de perenização está associada à de transposição, pois se complementam. A perenização permite a garantia da tomada de água ao longo de todo o trajeto do rio que antes era efêmero ou intermitente, sendo possível através da integração das bacias.

A questão das intervenções é que, se caso forem tomadas sem um conhecimento prévio do funcionamento do sistema ambiental, pode gerar degradação no ambiente, e conseqüentemente, o mal-uso contínuo, pode levar à destruição do sistema ambiental.

Dessa forma, considerando que no semiárido a disponibilidade hídrica é baixa pela irregularidade das chuvas e pelo baixo armazenamento, se faz necessário a elaboração de intervenções que possam suprir a demanda de água dessa região, com foco na população que na área reside. E o mais importante é dominar o uso de técnicas que possam aumentar a disponibilidade hídrica, sua manutenção e forma de uso.

b) Projeto de Integração Nacional do Rio São Francisco (PISF) – Transposição

Ab'Sáber (2004) afirmou que a transposição do Rio São Francisco para as bacia do Norte Araripe apresentava proposta dos executantes de retirar 1% das águas do São Francisco. Contudo, salientou a ignorância sobre o funcionamento do sistema ambiental fluvial semiárido e conseqüentemente, sobre os impactos gerais nas bacias hidrográficas alimentadas pela transposição, como também, o próprio Rio São Francisco.

Contudo, de acordo com o PISF (Projeto de Integração Nacional do Rio São Francisco), em execução pelo Ministério da Integração Nacional, (2004), a perspectiva é de minimizar os efeitos da seca no Nordeste gerados pelas longas estiagens periódicas, como também, de promover o crescimento econômico da região.

Neto (2017) afirmou que o Eixo Norte foi projetado para operar com vazão máxima, no trecho inicial com 99 m³/s e uma vazão contínua de 16,4 m³/s, destinado para o consumo humano, com aproximadamente 7,1 milhões de habitantes atendidos. Desse volume retirado, esse volume será destinado para as bacias dos rios Jaguaribe (CE), Apodi (RN), Piranhas – Açu (PB – RN).

Em uma obra com dois eixos de ligação entre a bacia do São Francisco e as receptoras, faz as águas advindas das bacias hidrográficas do Nordeste Setentrional, através dos eixos Norte e Leste, serem captadas entre as barragens de Sobradinho e Itaparica no estado de Pernambuco.

O Eixo Leste já está em funcionamento, fornecendo o volume máximo de água para o leito do Rio Paraíba, em Monteiro (PB). As águas advindas da transposição têm finalidade principal o abastecimento do reservatório Boqueirão, que fornece água para a Cidade de Campina Grande (PB), atendendo aproximadamente 716 mil pessoas, em 18 cidades ao longo dos sistema adutores. O projeto São Francisco tinha como proposta fornecer à Paraíba capacidade máxima de 9 metros cúbicos por segundo. Contudo, Oliveira (2018) em sua análise, observou que o volume varia de acordo com o período chuvoso, alcançando capacidade máxima de 5,34 m³/s, e com a chegada do período chuvoso a partir do mês de maio do ano corrente, as comportas são fechadas, reduzindo drasticamente a vazão, que passou a ser de 0,73 m³/s.

O Projeto de Integração do Rio São Francisco atualmente está com funcionamento parcial, onde o Eixo Norte composto por 3 metas, estão com duas primeiras já concluídas, abastecendo as populações ribeirinhas até o açude Nilo Coelho, na Cidade de Terra Nova (PE). Em 2017 as águas do Eixo Norte começaram a contemplar cerca de 3,2 mil moradores e produtores na região de Cabrobró (PE), de 17 comunidades rurais. A terceira meta está em sua fase final, com aproximadamente 98,4% das obras concluídas. Esses sistemas têm por finalidade atender à demanda de água dos Municípios localizados no semiárido. Vale salientar que este é um projeto do Governo Federal, sob responsabilidade do Ministério de Integração Nacional, - MI (2004).

Com o funcionamento total do Eixo Norte, o canal principal do Alto Rio Piranhas será perenizado, lhe atribuindo maior quantidade de energia no sistema fluvial durante o ano inteiro. Isso provavelmente alterará as características morfológicas e processuais do sistema, sendo necessário estudos prévios para compreender o funcionamento atual, que sirva de referência para estudos futuros, após a transposição ser concluída.

Este projeto é voltado segundo o RIMA para abastecimento urbano das áreas semiáridas, irrigação, construção de novos reservatórios, abastecimento dos açudes, perenização dos canais e favorecimento de comunidades ribeirinhas, etc. Nessa perspectiva, foi necessário que o Governo Federal elaborasse trabalhos de impacto Ambiental para compreender a dinâmica atual e futura do ambiente semiárido. Sendo assim, se faz necessário uma recapitulada sobre os principais conceitos que giram em torno dos estudos de impacto ambiental, como degradação ambiental, dano ambiental, impacto ambiental, diagnóstico, recuperação, entre outros.

c) Degradação ambiental, recuperação e análise

Segundo Sánchez, degradação ambiental é uma conotação/definição utilizada majoritariamente para definir atribuições humanas sobre os ambientes naturais, designando uma redução percebida nas condições naturais do sistema ambiental físico (JOHNSON, et al., 1997, apud. SÁNCHEZ, 2008). Dessa forma, o referido autor ainda afirma que os fatores antrópicos são em sua totalidade os principais responsáveis pela degradação ambiental, pois os agentes naturais geram mudanças, mas nunca, degradação no sistema ambiental.

De acordo com a Lei da Política Nacional do Meio Ambiente, “a alteração adversa das características do meio” define degradação ambiental (art. 3º, inciso II) (SÁNCHEZ, 2008). Em outras palavras, uma geração de interferências antrópicas nos ambientes fluviais que alterem negativamente o funcionamento do seu sistema ambiental, gera a degradação.

É preciso levar em conta que degradação ambiental apresenta níveis ou graus dentro de seus limites de resiliência, ou seja, dependendo do grau de degradação, o ambiente pode voltar ao estado de equilíbrio próximo antes da degradação, mas, caso este ambiente seja profundamente degradado pelas ações humanas, a recuperação espontânea pode ser impossível, sendo necessário um prazo para sua reabilitação, a partir da redução ou remoção da perturbação exercida (SÁNCHEZ, 2008).

Associado à ideia de degradação ambiental está a de impacto ambiental, que também gera confusão, de modo geral como algo pejorativo. Contudo, Moreira afirma que impacto ambiental é: “Qualquer alteração no meio ambiente em um ou mais de seus

componentes, provocada por uma ação humana” (MOREIRA, 1992. apud. SÁNCHEZ, 2008). Dessa forma, não se pode tomar a ideia de impacto de forma negativa sempre, mas, considerar esse conceito como qualquer modificação gerada no sistema ambiental pelo homem.

Deve-se levar em conta também que a análise de impacto ambiental fica melhor compreendida, quando se parte do princípio de análise de duas situações hipotéticas depois do impacto, ou seja, considerar como o sistema ambiental poderia funcionar futuramente sem o impacto, comparado com o sistema futuro após o impacto. Contudo, a grande dificuldade é gerar dados de evolução da qualidade ambiental, onde isso acontece na maioria das vezes. Nessa perspectiva, pode ser feito um procedimento operacional a partir da diferença entre a provável situação futura de um indicador ambiental com sua situação presente (SÁNCHEZ, 2008).

Cardoso (2012, apud. BAPTISTA, 2016) afirma que é importante identificar os níveis de degradação, como também, aqueles que os canais têm capacidade de se autorreajustar. Mas, para isso, é necessário ter como base o conhecimento de diferentes tipos e níveis de restauração, que estejam dentro das limitações dos projetos traçados para os ambientes fluviais.

Sendo assim, de forma sintética, existem três tipos de restauração universal para os objetivos de suas operações: restauração ecológica, restauração geomorfológica e a emergente restauração baseada numa visão holística.

Restauração ecológica é o termo empregado para designar ações com o objetivo de recuperar forma e funções de ecossistemas.

Como este trabalho tem cunho geomorfológico, a maior ênfase é dada à recuperação/restauração geomorfológica. Os processos geomorfológicos determinam a estrutura e morfologia dos canais fluviais. Para isso, o sistema fluvial assume uma dinâmica natural ao longo do tempo e do espaço, que é alterada a partir das interferências antrópicas que podem causar desequilíbrio e alteração na referida dinâmica e conseqüentemente na sua morfologia. Com isso, a restauração geomorfológica visa à aplicação de um conjunto de medidas que possibilitem a recuperação do equilíbrio do ambiente fluvial. Para isso, a restauração de um ambiente/canal fluvial parte da premissa de um canal natural pouco modificado

preteritamente por perturbações antrópicas, que sirva de parâmetro de estabilidade para o canal atualmente degradado (ROSGEN, 1994, apud. BAPTISTA, 2016, pág. 10), reforçando a ideia de análise de impacto de Sánchez (2008).

Contudo, Fisrwg (2001, apud. BAPTISTA, 2016) afirma que os cursos de água por serem naturalmente dinâmicos tornam impossível alcançar os estágios de naturalidade fluvial pretéritos (original), onde a perspectiva da recuperação infere a questões de restabelecimento da organização e funcionamento da dinâmica fluvial de forma geral. Brierley (2005) afirma que nem sempre é possível recuperar o ambiente fluvial de acordo com as características que ele teria se não fosse impactado, levando a crer, que mais importante que achar uma recuperação a níveis de não alteração, é reabilitar o sistema fluvial para um novo equilíbrio, na perspectiva de dar utilização de seus recursos com uma boa gestão.

O diagnóstico ambiental permite uma compreensão geral da área através das interrelações dos elementos do sistema ambiental, possibilitando identificar os ambientes instáveis e degradados. Posteriormente, medidas de restauração e reabilitação podem ser tomadas para recuperar ou dar utilidade para a área que sofreu dano ambiental.

O conhecimento da condição ambiental de determinado sistema fluvial é de suma importância para identificar prováveis danos e impactos ambientais, tanto presentes como futuros, fazendo com que haja profissionais na área da Geografia, mais especificamente, na geomorfologia, capazes de produzir resultados que satisfaçam à demanda de trabalhos voltados a essa perspectiva.

Dessa forma, Brierley (2000) desenvolveu uma metodologia que permite analisar e desenvolver planejamento de recuperação de áreas degradadas de ambientes fluviais a partir de 3 níveis/estágios, procurando respeitar a diversidade dos rios, trabalhar com a dinâmica e alterações fluviais, como também, as relações entre os processos biofísicos (BRIERLEY, et. al., 2016,).

O primeiro estágio consiste em uma avaliação dos controles regionais e de captação, possibilitando a identificação, interpretação e mapeamento dos diferentes estilos fluviais.

O estágio 2 consiste em uma avaliação na evolução e condição geomórfica de um rio em duas etapas, onde a primeira etapa consiste em definir a capacidade de ajuste dos estilos fluviais, e a segunda etapa do estágio 2 consiste em avaliar a evolução do rio com base na identificação de mudanças geomórficas irreversíveis e uma condição de referência adequada.

O estágio 3 é uma avaliação de trajetória de mudança futura e potencial de recuperação geomórfica. Assim, implica dizer que o foco é restauração de ambientes fluviais a partir de cenários não degradados, possibilitando dizer se o potencial de recuperação apresenta custos altos ou baixos.

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

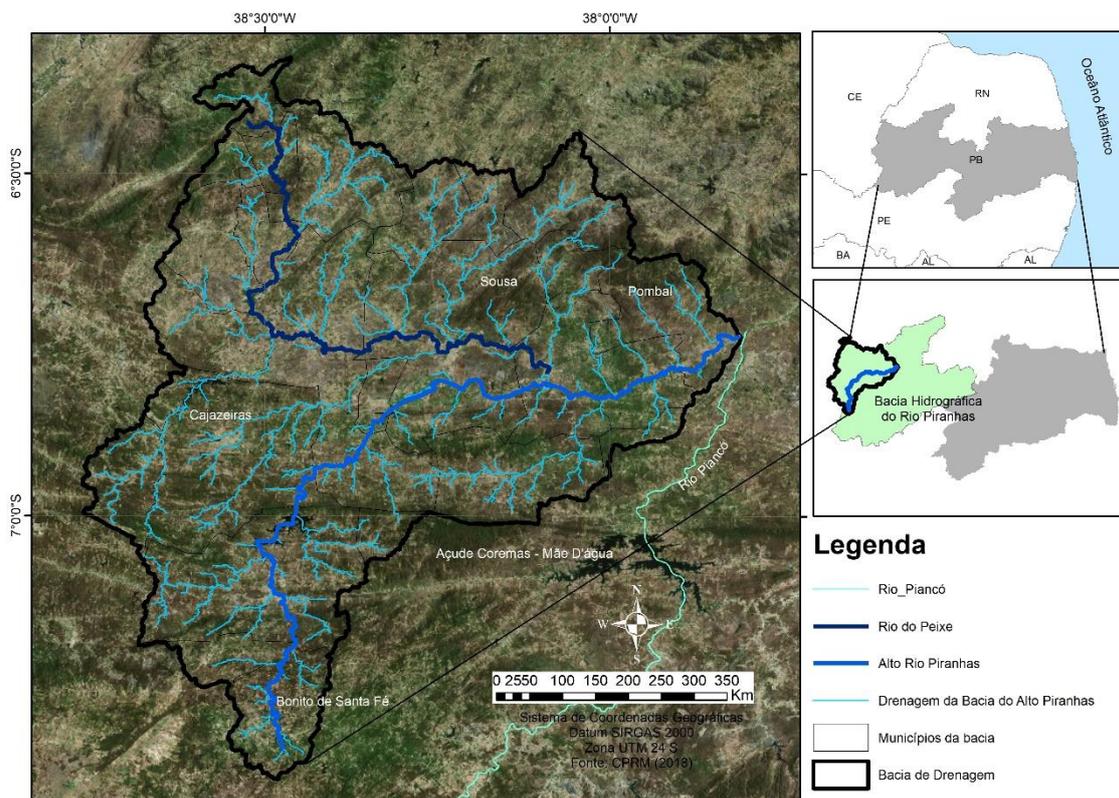
Este trabalho tem como área de análise a bacia do Alto Rio Piranhas, localizada no Sertão paraibano, ocupando uma área de 35 Municípios, que dentre os principais estão: Cajazeiras, Souza e Pombal (Fig. 1). Nessa perspectiva, este trabalho analisou o trecho do Alto Rio Piranhas, pois é uma área que não sofre influência da Barragem Coremas – Mãe D'água (inserida no Rio Piancó – Afluente do Piranhas), que o pereniza durante o ano inteiro após a confluência com o rio Piancó.

De forma sintética, o trabalho considera o canal da sua nascente até a confluência com o Rio Piancó, onde ele é intermitente com alguns pontos efêmeros próximo à cabeceira, como afirma o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas – Açu (ANA, 2014), salientando que como a maioria dos rios do semiárido nordestino, à exceção do rio São Francisco e do Parnaíba, é um rio intermitente em condições naturais.

Com isso, o alto curso do Rio Piranhas funcionará como receptor e passagem natural das águas recebidas do Rio São Francisco pelo Eixo Norte, pois possui um marco regulatório que estabelece vazão de entrega na fronteira estadual entre a Paraíba e o Rio Grande do Norte, o que irá perenizá-lo.

A região é muito impactada por barragens, principalmente, barragens artesanais, construídas pelas comunidades. Contudo, a barragem mais importante é a barragem Engenheiro Ávidos, localizada no município de Cajazeiras (PB).

Figura 1- Mapa de localização da Bacia do Alto Rio Piranhas.



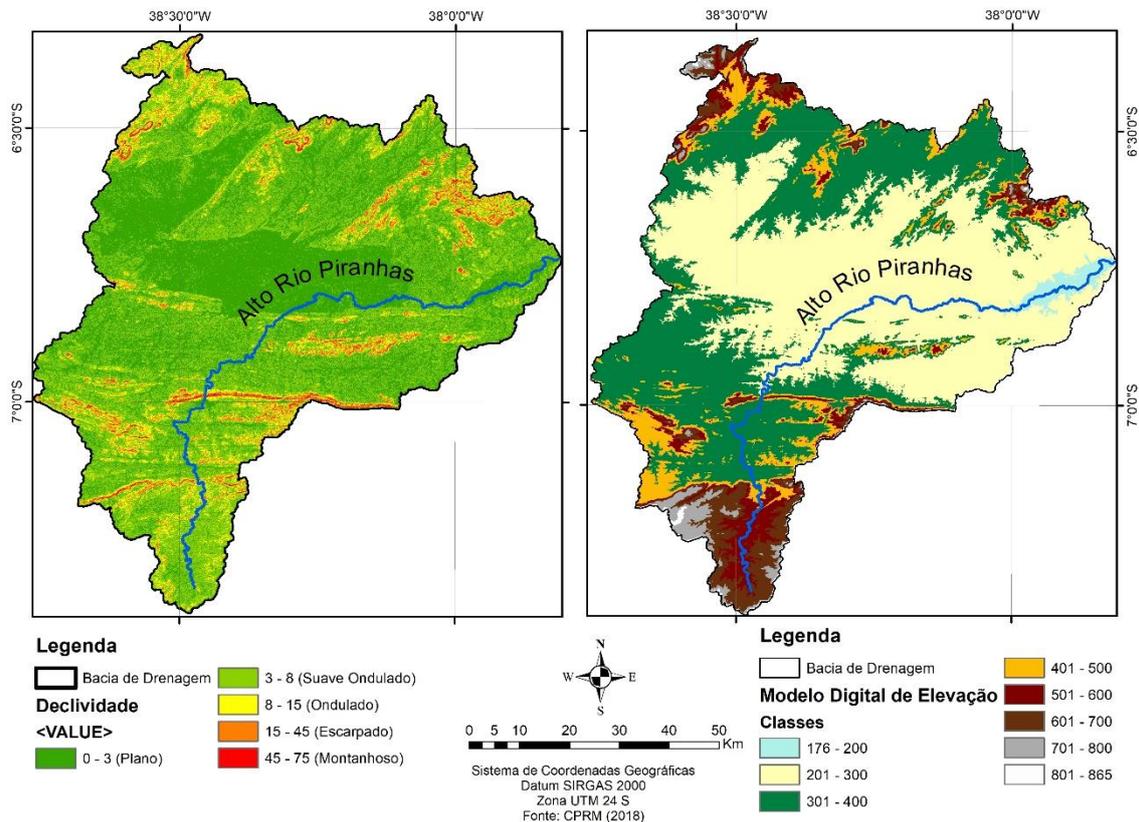
Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O perímetro da bacia do Alto Rio Piranhas é de aproximadamente 520,04 km, sobre a depressão sertaneja, tendo características físicas semelhantes a maioria do semiárido nordestino.

A Depressão Sertaneja é organizada em torno do Planalto da Borborema, e é resultado de morfologia herdada de processos morfoestruturais, sendo uma importante dispersora da drenagem, pois sua intensa rede de drenagem é responsável pela intensa dissecação. Assim, formam-se áreas aplainadas onde os processos denudacionais suplantaram os agradacionais, formando vastas superfícies erosivas e consequentemente, pedimentos entre o sopé das encostas e os ambientes fluviais, onde a coalescência desses pedimentos formaram os pediplanos – processos frequentes da chamada depressão sertaneja (AB'SABER, 1969. Apud. MAIA, 2010).

O canal possui 174,22 km de extensão, onde suas áreas de cabeceira são caracterizadas por áreas altas e planas em torno de 700 a 800 m, com baixa declividade, conforme é mostrado na figura 2.

Figura 2- Modelo Digital de Elevação e Declividade da bacia hidrográfica.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

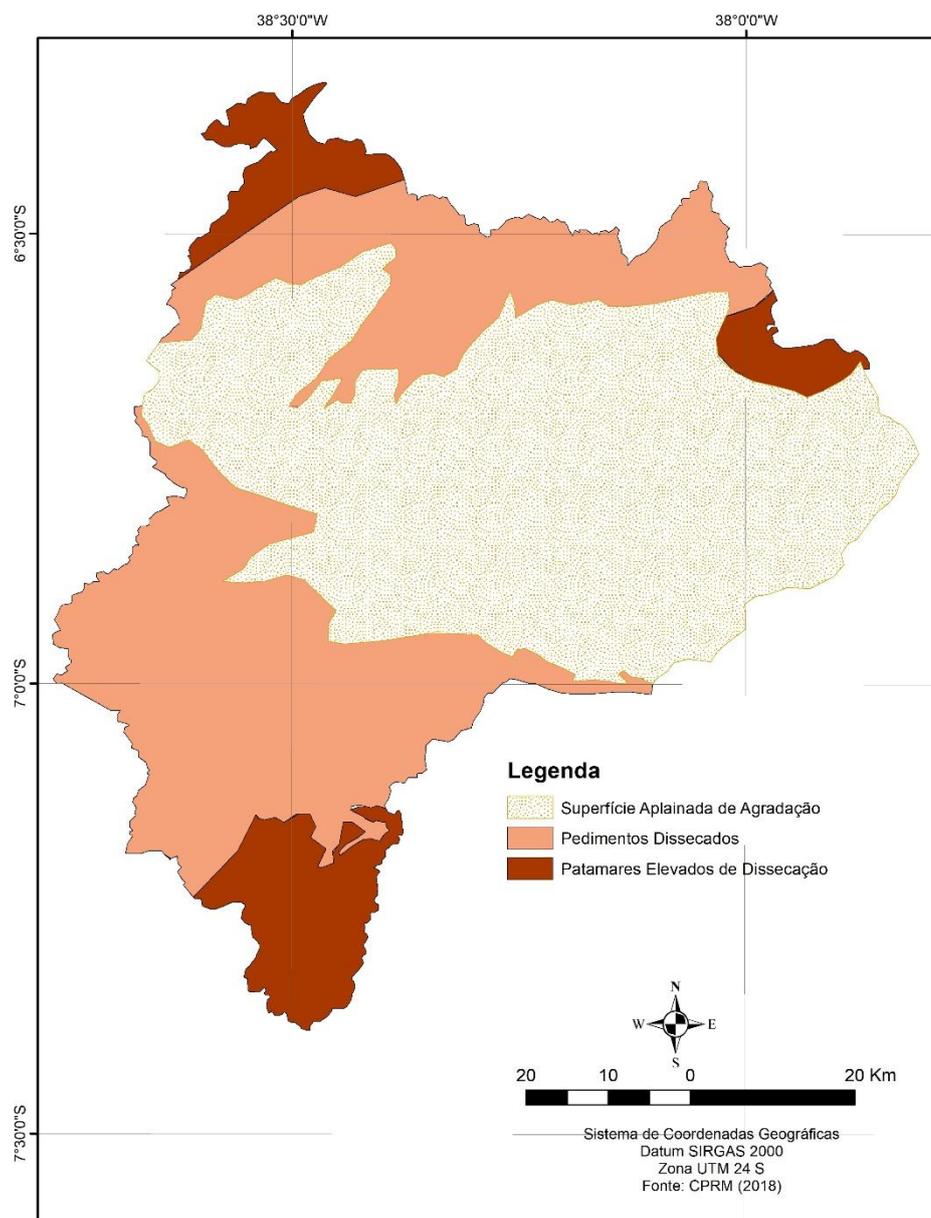
A figura 2 representa a hipsometria e a declividade da bacia do Alto Rio Piranhas, evidenciando as variações de altitude do canal dentro da bacia, e nessa perspectiva, durante os primeiros 25 km de extensão do canal, ele apresenta uma variação de 100 m de altitude, contudo, com 27 km de extensão ocorre a primeira ruptura de declive da bacia, que passa de 500 m para 400 m numa faixa de 10 km. Posteriormente, apresenta áreas planas, até que, quando alcança uma distância de 64 km das áreas de cabeceira, chega a apresentar outra ruptura de declive, de aproximadamente 30 m numa faixa de aproximadamente 2 km. Após essas duas principais rupturas de declive, o canal passa a diminuir sua altimetria gradualmente, até alcançar os 173 m.

Já as declividades se apresentam mais acentuadas nas áreas de ruptura de declive/regiões serranas, como também, acompanham as áreas mais elevadas da bacia. Estas características possibilitam a interpretação das diferentes unidades da paisagem,

que tem características morfológicas e estruturais de acordo com as diferentes altitudes e declividades da área da bacia.

Os condicionantes dessas rupturas serão atribuídos às características litológicas e climáticas da bacia, elementos estes abordados após a definição das unidades de paisagem (fig. 3).

Figura 3 - Unidades da paisagem da bacia hidrográfica.



Elaborado pelo autor (2018).

De acordo com a figura 3, a bacia apresenta três grandes unidades de paisagem em seu perímetro: (1) Patamares Elevados de Dissecação, (2) Pedimento Dissecado, (3) Superfície Aplainada de Agradação.

A área de Patamares Elevados de Dissecação dissecação está numa área localizada a Sul (área das cabeceiras de drenagem), norte – noroeste e norte – nordeste da bacia, com valores de altitude que variam de 600 m a 865 m, e com declividade ondulada a suave ondulada.

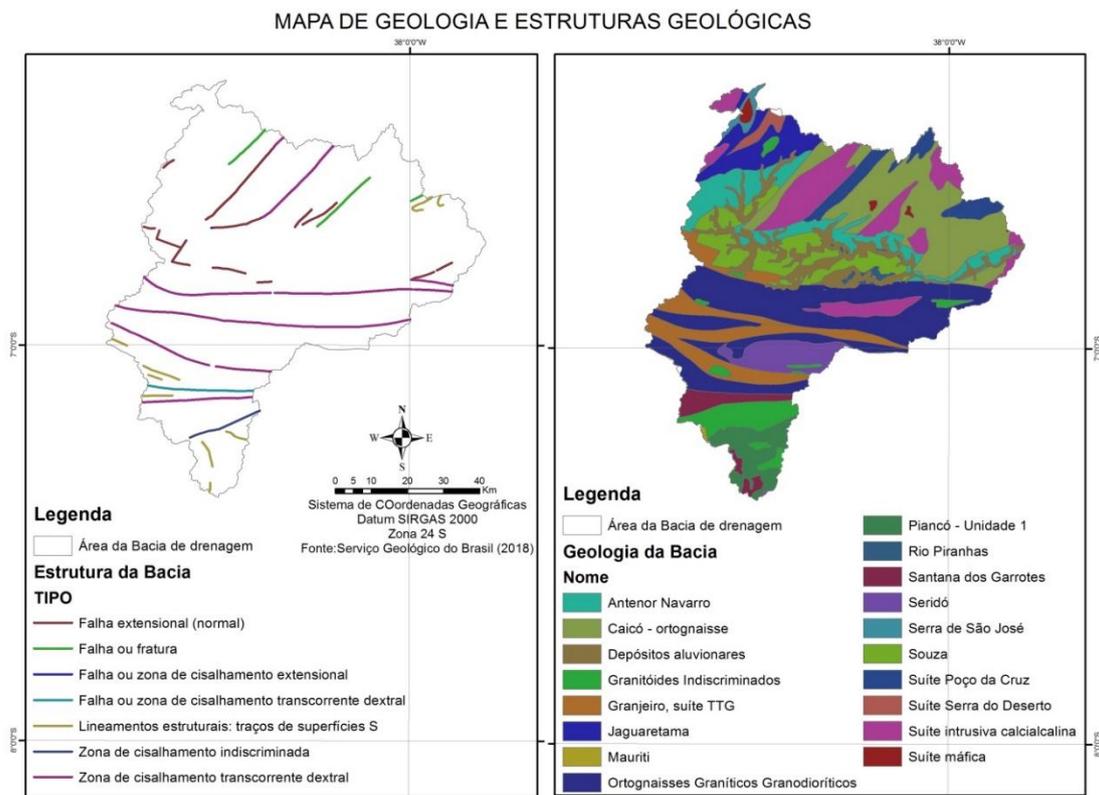
Os Pedimentos Dissecados estão localizados nas áreas de sopé dos Patamares Elevados de Dissecação até a Superfície Aplainada de Agradação. Sua altitude varia de 300 m a 500 m de altitude, e seus graus de declividade variam de ondulado, escarpado a montanhoso, majoritariamente.

A terceira e última unidade da paisagem é composta por uma Superfície Aplainada de Agradação, localizada nas áreas mais rebaixadas da superfície da bacia, com valores de altitude que variam de 160 m a 300 m. É importante deixar claro que os valores abaixo de 200 m são os fundos de vale fluvial, e as áreas que não são fluviais variam de 200 m a 300 m pertencentes à bacia sedimentar do estado da Paraíba. Sua declividade é plana e suave ondulado.

Após a definição das unidades de paisagem, considera-se que os elementos controladores do sistema ambiental podem possibilitar a interpretação do modelado da superfície, com base em fatores como Geologia e Clima. Dessa forma, a geologia da bacia é composta principalmente por complexos de rochas ígneas e metamórficas.

Também ocorrem a presença de pedimentos e áreas fluviais nas depressões e ambientes fluviais (Fig. 4).

Figura 4 - Geologia da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Piranhas.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

As rochas ígneas e metamórficas localizadas principalmente do Patamares Elevados de Dissecação, evidenciam que essas áreas possuem maior resistência que as rochas localizadas nas áreas mais rebaixadas, com a presença de arenitos e sedimentos aluviais e fluviais.

Observa-se na figura 4 que as estruturas estão direcionadas de Oeste para Leste, ou seja, o canal fluvial do Alto Rio Piranhas não é encaixado nas principais linhas de falha, já que seu curso é Sul para Norte.

Os litotipos dessa área elevada são: Suíte Poço da Cruz (metagranito), Piancó Unidade – 1 (anfíbolito, gnaíse- rocha calssilicática); Granitóides Indiscriminados (granito, granodiorito, monzogranito); Santana dos Garrotes (metaconglomerado, metagrauvaca, Metarenino); Serra São José (metaconglomerado, rocha metavulcânica, xisto); Jaguaretama (ortogneisse, paragneisse); e Granjeiro (anfíbolito, metagranodiorito, metatonalito).

São rochas com ligações mineralógicas principalmente de quartzo e feldspato, e que demoram para se cristalizar, lhes dando um caráter mais resistente frente aos processos intempéricos, contudo as rochas da unidade Serra São José são menos resistentes, por terem rochas de ligações mineralógicas compostas por biotita e anfíbola predominantemente, como também, as rochas da unidade Santana dos Garrotes, composta por metarenito, metaconglomerado e metagrauvaca.

Já os Pedimentos Dissecados possuem litologias do tipo: Santana do Garrotes (metaconglomerado, metagrauvaca, metarenito); Ortognaisse Granítico - Granodiorítico (ortognaisse, granítico, granodiorítico); Granjeiro Suíte TTG (anfíbolo, metagranodiorito, metatonalito); Seridó (mármore, paragnaisse, quartzito); Suíte Serra do Deserto (granito, granodiorito); Jaguaretama (ortognaisse, paragnaisse); e Caicó – Ortognaisse (anfíbolo, metacalcário, metagranito, metagranodiorito).

Tendo em vista que as rochas constituintes dessa unidade de paisagem são ígneas e metamórficas e sua área é intermediária em relação às outras duas unidades da paisagem, por ser a área de transição entre dissecação e acumulação, a composição mineralógica das rochas mais resistentes como o granito e ortognaisse são de quartzo, com cristais bem desenvolvidos de coloração clara e grande diversidade de minerais. Já as rochas menos resistentes como anfíbolitos, mármore, e metacalcário são constituídas por minerais menos resistentes, com pouca variedade mineralógica.

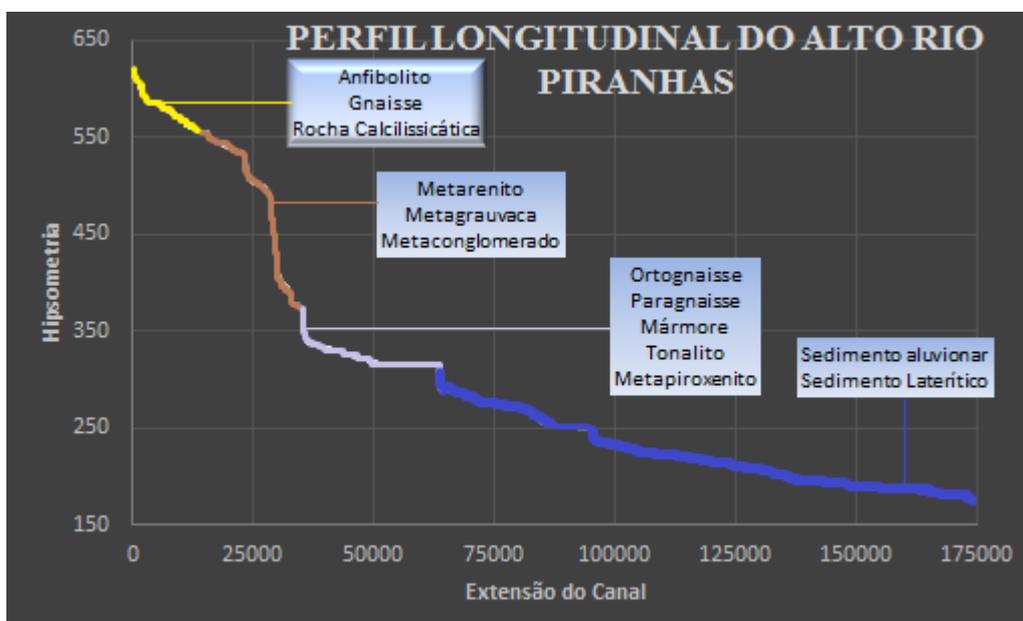
Na Superfície Aplainada de Agradação as litologias são: Depósitos Aluvionares (sedimentar aluvionar, sedimento detrítico – lateríticos); Caicó – ortognaisse (anfíbolo, metacalcário, metagranito, metagranodiorito); Souza (argilito, folhelho, siltito); Suíte intrusiva Calciliana de Itaporanga (granito, granodiorito); e Rio Piranhas (arenito).

As rochas constituintes dessa terceira unidade da paisagem são basicamente sedimentares, e oferecem menor resistência aos agentes erosivos. Possuem ligações mineralógicas feitas em ambientes de baixa temperatura e pressão, lhe atribuindo menor ligação e desenvolvimento dos cristais que a compõem.

Muito embora ocorram evidências no mapa de rochas ígneas e metamórficas nessa unidade da paisagem, ela assim se explica por possuir baixos valores de altitude e declividade, inferindo seu caráter de acumulação de sedimentos, como também, é visto a presença majoritária de rochas sedimentares nessa unidade da paisagem.

Nessa perspectiva, de acordo com a variação de altitude, o tipo de geologia também é alterado, como é visto no perfil longitudinal do Alto Rio Piranhas, com as principais rupturas de declive e seu tipo de geologia predominante (Fig. 5).

Figura 5 - Perfil longitudinal do Alto Rio Piranhas correlacionado com as principais geologias que o canal está situado.



Fonte: elaborado pelo autor (2018).

O Alto Piranhas escava seu leito sobre diferentes geologias, e através de seu perfil longitudinal foi possível correlacionar a altitude da bacia com o tipo de rocha em que o canal escava seu vale, como também, as estruturas que influenciam diretamente a topografia dos cursos fluviais.

Dessa forma, observou-se que antes da primeira ruptura de declive, a geologia presente é composta por Anfibolito, Gnaiss e Rocha Calcissilicática; O trecho da ruptura é composto por Metarenito, Metagrauvaca e Metaconglomerado; O terceiro trecho, que apresenta-se parcialmente aplainado, em relação às áreas mais à montante, é composta por Ortognaisses Granítico – Granodioríticos, paragnaiss, mármore; e a área de maior extensão da bacia, que é mais da metade da extensão do canal, apresenta geologia do tipo Sedimentar/aluvionar.

Essas rupturas de declive estão associadas principalmente à geologia da área. De acordo com a primeira ruptura de declive, a explicação se dá porque a geologia passa de um complexo de rochas ígneas (granito e granodioritos) para um conjunto de rochas metamórficas (Metarenito, Metaconglomerado e metagrauvaca), ambas do Proterozóico. Nessa perspectiva, as rochas ígneas são mais resistentes que as metamórficas, levando em conta que as rochas metamorfizadas da área da ruptura são sedimentares, onde ao passar o tempo geológico, as rochas ígneas, mais resistentes, permanecem elevadas frente aos processos de rebaixamento do relevo, se comparadas com as rochas metamórficas sedimentares.

Entretanto, associado ao tipo de geologia, ocorre a presença de linhas de falha de cisalhamento transcorrente dextral, onde pode ter ocorrido soerguimento diferencial no passado geológico, elevando as áreas do Patamares Elevados de Dissecação.

A segunda ruptura de declive está associada a passagem de rochas ígneas para rochas de metamorfismo regional, rochas mais antigas e conseqüentemente, com a superfície mais trabalhada pelos fatores intempéricos. O restante da bacia onde o Alto Piranhas passa, que é sua maior parte, é caracterizado por rochas sedimentares, de cascalhos a arenitos do Holoceno.

Tendo em vista que o Clima é outro elemento controlador do sistema ambiental, o da bacia do Alto Piranhas não apresenta uma variação acentuada, onde a média anual da bacia varia de 800 mm a 900 mm ao ano.

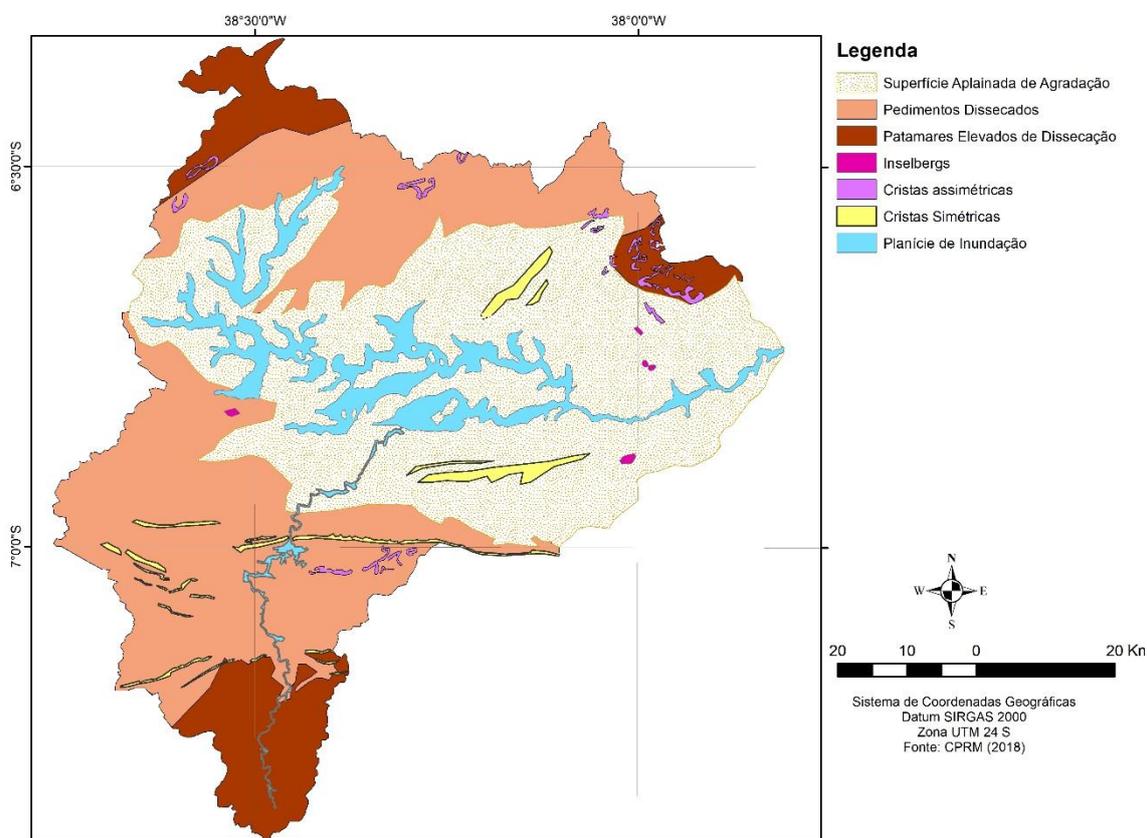
De acordo com o relatório técnico do Plano dos Recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas – Açu, dentro dos limites da bacia, existem alguns postos pluviométricos que possibilitam a geração do dado de precipitação média anual, que são os dos Municípios de Bom Jesus, Bom Sucesso, Bonito de Santa Fé, Cajazeirinhas, Conceição, Nazarezinho, Piancó, Pombal e Souza. Após a soma de todas as médias anuais dos postos pluviométricos, o resultado foi dividido pela quantidade de postos, buscando um valor através de uma média aritmética, o que possibilitou o alcance da média anual de chuvas na bacia que é de 899 mm anuais, onde são concentradas entre os meses de fevereiro a maio e caracterizam-se pela alta variabilidade interanual.

Dessa forma, por mais que os valores de precipitação sejam altos para a região, se comparados ao restante dos climas semiáridos do mundo, o clima do Sertão brasileiro

ainda assim é considerado semiárido, por apresentar valores de evaporação que superam os de precipitação, como afirma Silva et. al. (2010) que a evaporação média anual do semiárido brasileiro supera de forma geral os 2000 mm ao ano, que associado a alta densidade populacional, corrobora para uma situação ainda mais alarmante acerca dos recursos hídricos do semiárido.

O resultado da interação entre clima e geologia (principais controladores do sistema ambiental), resulta em diferentes tipos de paisagens na superfície da bacia, como é visto na Fig. 6.

Figura 6 - Diferentes Unidades da paisagem de acordo com as características climáticas, geológicas, de altitude e Declividade.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

De acordo com a figura 6, são nas áreas elevadas e íngremes que estão inseridas as Cristas Simétricas, Cristas Assimétricas e Inselbergs. São estas feições geomorfológicas residuais, que tem resistência maior frente aos fatores intempéricos que suas formações ao entorno.

Contudo, ocorrem Cristas simétricas em áreas Aplainadas de Acumulação, como também, em áreas de Patamares Elevados de Dissecação, refletindo a complexidade geológica da bacia, que apresenta em grande parte, áreas com predominância de exumação de rochas metamórficas e ígneas.

As Cristas Simétricas estão associadas principalmente a uma geologia granítica, granodiorítica, intrusiva, com resfriamento lento em áreas profundas, lhe dando esse caráter mais resistente.

5. METODOLOGIA

Este trabalho teve como metodologia alguns procedimentos para caracterizar canais fluviais de acordo com os estilos fluviais (BRIERLEY E FRYIRS, 2005), que possibilita identificar o canal, compreender o comportamento e gerar potenciais de recuperação.

Nessa perspectiva, este trabalho precisou delinear os meios pelos quais foram alcançadas as etapas de avaliação dos estilos. Sendo assim, foram feitos alguns procedimentos como é visto a seguir.

A geração de mapas para compreensão da bacia foi possível através de *shapefiles* da AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas (2007), IDEME – Instituto do Desenvolvimento Municipal e Estadual (2016) e CPRM – Companhia de Pesquisas de Recursos Naturais (2017). Os Dados da AESA possibilitaram a elaboração do mapa de localização, através de *Shapes* dos Municípios e Limite Estadual. Os do IDEME possibilitaram a elaboração dos mapas Geológico e Pedológico.

Os dados de topografia obtidos pelo USGS – Serviço Geológico Americano - permitiram a identificação das áreas mais altas da bacia através dos dados matriciais *raster* de informação topográfica da área da bacia, com resolução de 90 m.

Para gerar a delimitação da bacia de drenagem, foram utilizadas ferramentas do ArcMap 10.5, possibilitando a demarcação do polígono da área da bacia hidrográfica.

Com a definição dos patamares de altitude, declividade, solo e geologia da área da bacia, foi possível delimitar as unidades da paisagem da área, que foram: Patamares Elevados de Dissecção, Pedimentos Dissecados e Superfície Aplainada de Agradação, com base nas etapas de modelagem propostas do mapeamento geomorfológico do IBGE (2009).

Continuando o processamento da Imagem SRTM de 90 m em ambiente GIS, foi possível identificar a drenagem da bacia hidrográfica, que posteriormente, teve o seu canal principal definido, sobre cada unidade da paisagem.

Os perfis longitudinais foram elaborados em laboratório através de ambiente SIG, e serviram para identificar as áreas onde o canal escoar sobre áreas planas, como também, de maior inclinação, associando essa alteração nos graus de declividade com as

unidades da paisagem. O perfil longitudinal permite identificar as áreas onde o canal apresenta maior capacidade de transporte pelo grau de inclinação, como também as áreas de acumulação de sedimento, por ter um aplainamento, diminuindo sua energia.

Todas essas informações foram aplicadas na caracterização da área, para dar um maior embasamento na escala da bacia hidrográfica, que confirmem os dados encontrados na revisão bibliográfica sobre a área.

Para caracterizar os estilos é necessário considerar quatro variáveis de análise: grau de confinamento, unidades geomórficas, sinuosidade e textura de material de leito.

A identificação das planícies fluviais através de imagens do Google Earth Pró ao longo dos cursos fluviais, foram importantes para determinar o alcance e o padrão das configurações dos vales. A configuração do vale é analisada da seguinte forma (tabela01):

Tabela 1 - Configuração de vale.

VALE CONFINADO	VALE PARCIALMENTE CONFINADO	VALE NÃO CONFINADO	
>90% do comprimento do trecho confinado	10% a 90% do comprimento do trecho confinado	<10% do comprimento do vale confinado	
Presença/ausência de alvéolos fluviais	Forma em planta (retilínea, regular ou sinuosa)	Canal ausente ou descontínuo	Canal presente ou descontínuo
Unidades geomórficas	Unidades geomórficas	Unidades geomórficas	Unidades geomórficas
Materiais do leito	Materiais do leito	Material do leito	Material do leito

Fonte: Adaptação de Brierley (2000).

Brierley (2000) definiu o tipo de vale através da identificação das unidades geomórficas paralelas aos canais, mais precisamente, a presença de planície de inundação. Nessa perspectiva, em canais não confinados, mais de 90% do estilo apresenta planície de inundação; parcialmente confinado, entre 10% e 90%; e menos de 10% do trecho com planície é definido como confinado.

As informações sobre o tipo de vale foram obtidas através de dados de estação total, possibilitando a elaboração de perfis laterais do canal em seus diversos estilos. Isso possibilita a representação do perfil topográfico paralelo do ambiente fluvial.

A identificação das unidades geomórficas foi feita através da identificação das barras, ilhas, planícies de inundação e terraços, onde a confirmação de campo foi essencial para confirmação das informações.

O grau de sinuosidade do canal foi definido a partir da inferência de curvas do lineamento fluvial dentro de seu vale, onde Christofolletti (1980) afirma que para saber se um rio é meandrante ou não, é necessário que se faça um cálculo, onde divide-se o valor do comprimento do canal pela distância do eixo do vale, se o resultado do cálculo for maior que 1,5 quer dizer que o rio pode ser considerado meandrante, menos que isso é sinuoso ou retilíneo. Dentro da questão da sinuosidade, ele pode ser regular ou irregular. Essa medição de extensões foi feita através das imagens de satélite do Google Earth Pró, utilizando a ferramenta “régua” e depois delimitada pela opção “caminho”.

As informações de textura de material foram feitas a partir dos trabalhos de campo feitos na área, para definir o tipo de material constituinte do leito fluvial e suas respectivas unidades geomórficas.

Sendo assim, o trabalho de campo veio como complemento, com as coletas de informações empíricas sobre o caráter e o comportamento do rio em cada estilo identificado, possibilitando o preenchimento da matriz de informações, que apresenta as seguintes informações de pesquisa: configuração em planta, configuração do vale, textura do leito, unidades geomórficas, vegetação, comportamento do rio, declividade, morfometria do vale e intervenção antrópica.

Dado o exposto, depois do conhecimento prévio da bacia hidrográfica do Alto Rio Piranhas através dos mapas temáticos, foram definidos pontos de visita no campo exploratório de 3 dias, com base na exploração de áreas diferentes, ou seja, o critério utilizado para cada ponto escolhido partiu da identificação de possíveis elementos singulares/inerentes a cada ponto, na busca da compreensão dos diferentes estilos fluviais dentro do perímetro hidrográfico do Alto Curso do Rio Piranhas, delimitados no Google Earth Pró, através da ferramenta “adicionar marcador”, onde foram visitados

entre 5 e 7 de julho/2018, para verificar as informações da morfologia fluvial obtidas em laboratório.

O segundo campo que foi o de análise, foi mais estendido, com 5 dias, de 20 a 24 de agosto/2018, onde os pontos analisados deram um entendimento geral da bacia, aumentando assim, a realidade dos levantamentos de informações do referido sistema ambiental fluvial semiárido.

Em seguida foram geradas matrizes de informações para cada estilo fluvial, que são apresentadas no final da análise de cada estilo, com informações como: configuração do vale, configuração em planta, textura e materiais de leito e margens, unidades geomórficas, vegetação associada, bacia à montante, unidade de paisagem, zona processual, morfometria do vale, declividade do vale, competência do fluxo e intervenção antrópica.

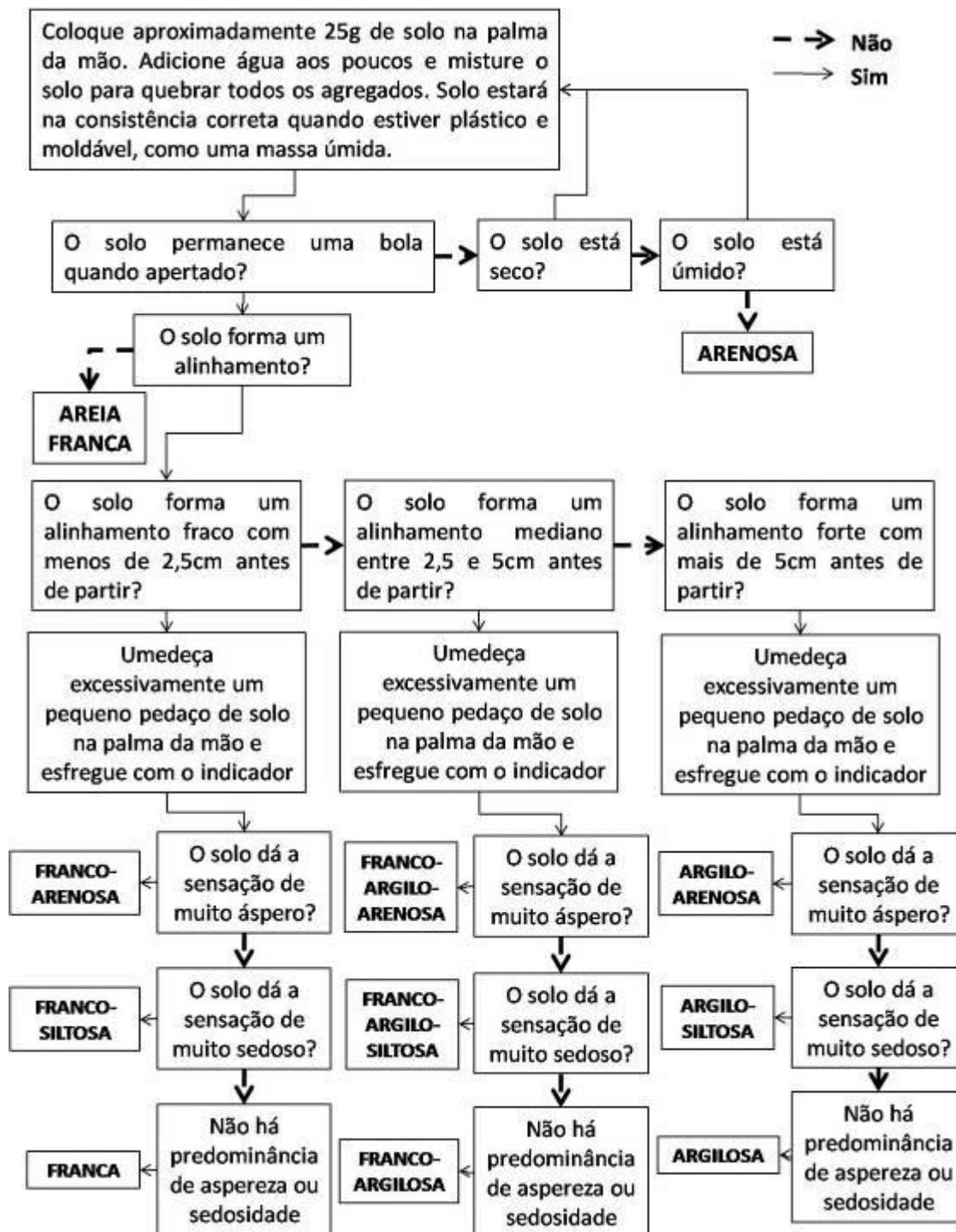
A delimitação dos estilos foi feita através de seus elementos controladores. Esses elementos são a geologia, topografia, declividade, atribuídos ao perfil longitudinal, através dos dados/*shapes* de geologia, topografia e declividade obtidos pelo USGS e IDEME.

Os elementos controladores foram discutidos individualmente em cada estilo fluvial, e posteriormente, correlacionados numa análise integrada, que é a base de uma análise sistêmica.

O mapa de estilos foi elaborado em ambiente GIS, com a finalidade de delimitar suas áreas e localizações, evidenciando as características do ambiente fluvial de acordo com os dados obtidos em laboratório e campo. Nessa perspectiva, foram feitas as delimitações dos trechos através da ferramenta polígono e caminho do *Google Earth*, que foram convertidos em dados *layer* do ArcMap 10.5 e trabalhados em ambiente Gis.

Também foi considerada a questão do controle das margens, que foram identificadas em campo a partir de sua textura. Tal informação foi obtida pelo fluxograma de textura de Thien (1979. Apud. CAVALCANTI, 2014). Essa forma de análise das margens é feita através de um fluxograma para identificação da textura por meio da análise das sensações (Figura 7).

Figura 7 - Modelo de análise de textura de Thien (1979).



Fonte: Cavalcanti (214) apud. Thien (1979).

A partir desse arcabouço de informações foi possível alcançar os objetivos propostos por este trabalho.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a obtenção das informações acerca da bacia que foram utilizadas na caracterização da área, foi possível chegar a definição das características gerais da bacia hidrográfica, definida em três grandes unidades de paisagem. Cada unidade corresponde a um conjunto de informações homogêneas de geologia, declividade e topografia, que são agrupados segundo sua predominância. Nesse contexto foram definidos 7 estilos fluviais.

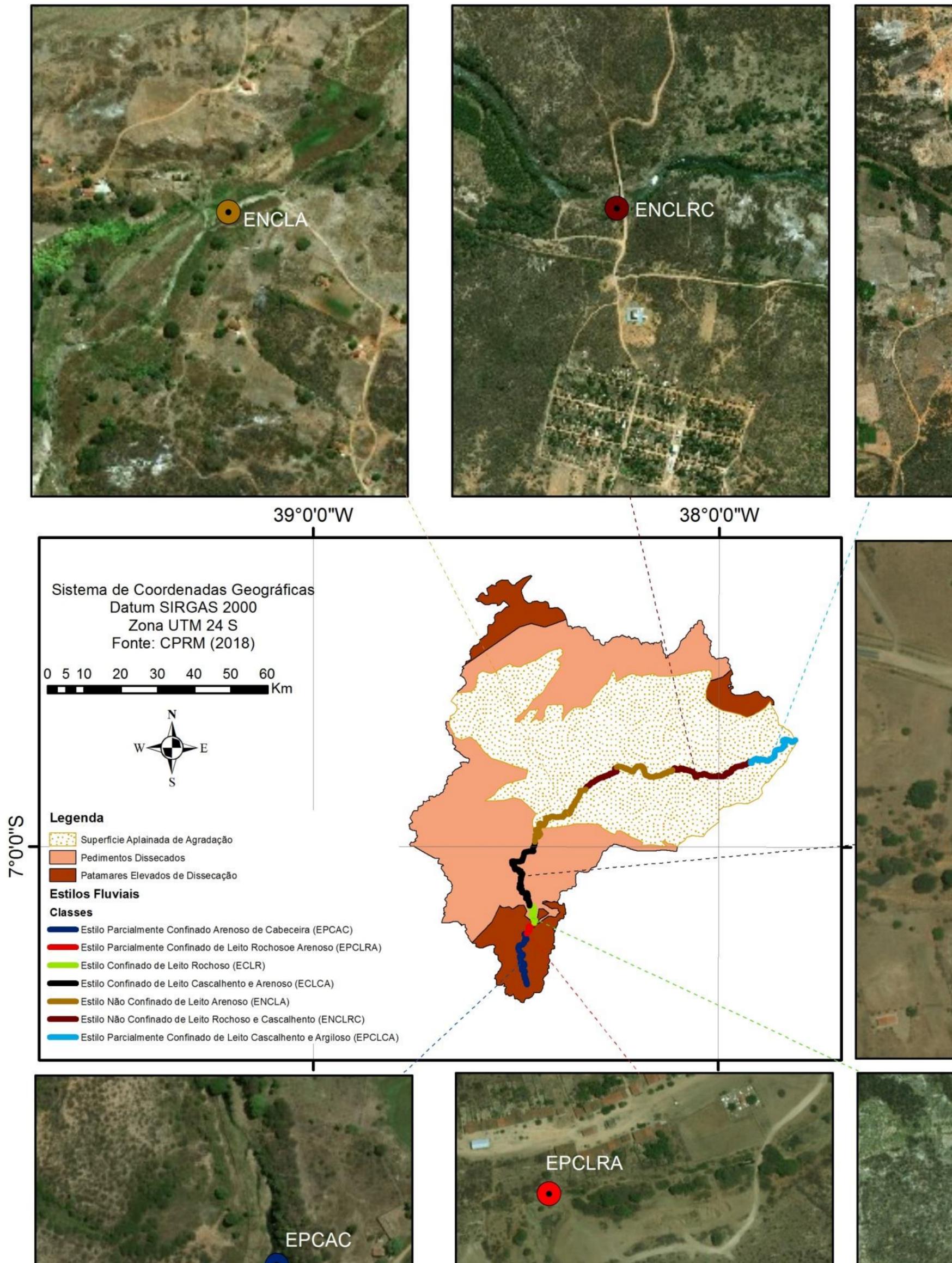
Na unidade de paisagem Patamares Elevados de Dissecação foram definidos dois estilos: Estilo Parcialmente Confinado Arenoso de Cabeceira (EPCAC); e Estilo Parcialmente Confinado de Leito Rochoso e Arenoso (EPCLRA) (Figura 8).

Na unidade de paisagem Pedimentos Dissecados foram identificados 3 Estilos: Estilo Confinado de Leito Rochoso (ECLR); Estilo Confinado de Leito Cascalhento e Arenoso (ECLCA); e parte do Estilo Não confinado de Leito Arenoso (ENCLA) (Figura 8).

Na unidade de paisagem Superfície Aplainada de Agradação foram identificados 3 estilos: Estilo Não confinado de Leito Arenoso (ENCLA); Estilo Não Confinado de Leito Rochoso e Cascalhento (ENCLRC); e Estilo Parcialmente Confinado de Leito Cascalhento e Argiloso (EPCLCA) (Figura 8).

Figura 8 - Estilos Fluviais do Alto Rio Piranhas.

ESTILOS FLUVIAIS DO ALTO RIO PIRANHAS



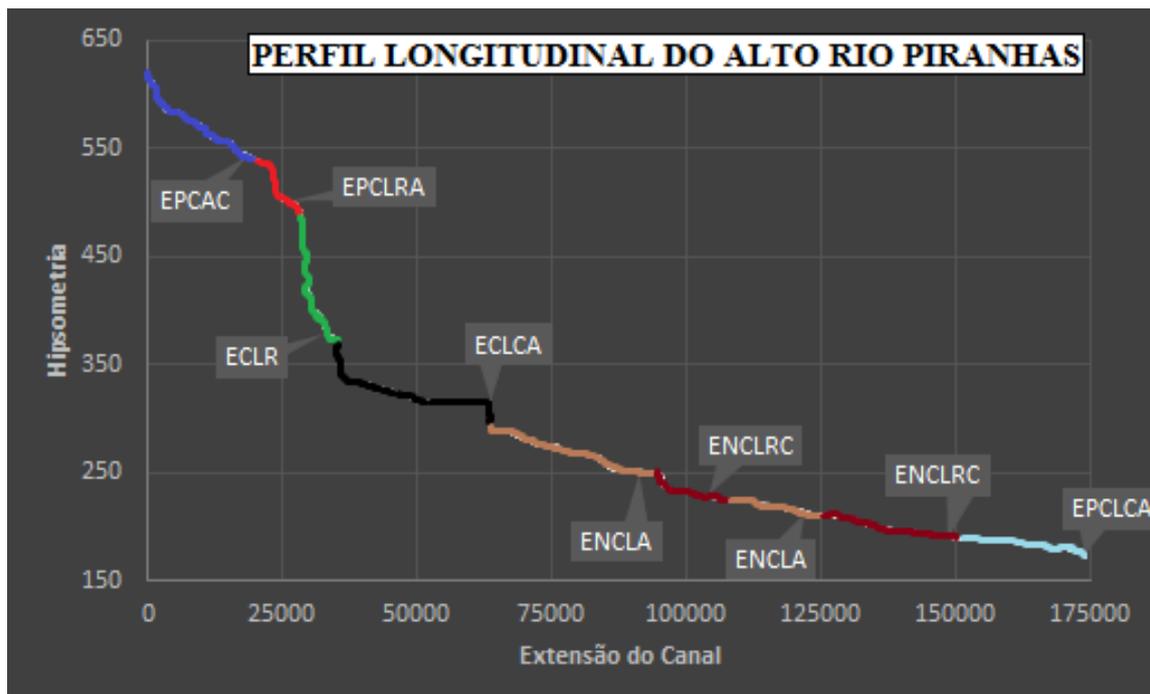
De modo geral, os 2 primeiros estilos fluviais localizam-se em uma área plana, com pouca declividade, possibilitando interpretação de uma área de baixa energia, ou seja, a dissecação nessas áreas de topo plano não é tão eficaz como nas áreas mais íngremes e à jusante dessa unidade da paisagem, o que proporciona um caráter de confinamento parcial dos dois primeiros estilos fluviais (EPCAC; EPCLRA).

Os Pedimentos Dissecados por sua vez, tem na sua zona de contato com os Patamares Elevados de Dissecação as áreas de maior inclinação da bacia, que proporciona a modificação completa do funcionamento fluvial a partir desse contato para as áreas à jusante dele. Dessa forma, o terceiro e quarto estilo fluvial da bacia (ECLR; ECLCA) apresentam vales confinados. Já o quinto estilo foi caracterizado como não confinado (ENCLA).

Os dois últimos estilos fluviais (ENCLRC; EPCLCA) estão totalmente inseridos na unidade de paisagem Pedimentos Dissecados, com a presença de argila no ambiente fluvial, pois uma redução gradativa na topografia oferece pouca energia através do escoamento hídrico nos ambientes fluviais. Contudo, a confluência do Rio do Peixe (principal afluente do Alto Piranhas) oferece energia suficiente para alterar o último estilo fluvial, pois o ganho de energia e matéria de seu principal afluente contribui para alterações morfológicas no sistema.

A representação do perfil longitudinal (Figura 9) ajuda a compreender os processos, localização e extensão de cada estilo fluvial dentro do perímetro ocupado na inclinação do canal, como também, o tipo de geologia e unidade da paisagem que estão localizados (tabela 2). O clima é o mesmo para toda a bacia, por isso não foi colocada nenhuma informação sobre as características climáticas dos estilos.

Figura 9 - Perfil Longitudinal do Alto Rio Piranhas.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Tabela 2 - Informações sobre geologia e Unidade de Paisagem de cada estilo fluvial.

Estilo Fluvial	Unidade da Paisagem	Geologia
EPCLCA	Superfície Pedimentar de Acumulação	Depósitos aluvionares
ENCLRC	Superfície Pedimentar de Acumulação	Depósitos aluvionares
ENCLA	Superfície Pedimentar de Acumulação	Depósitos aluvionares
ECLCA	Pedimentos Dissecados	Santana dos Garrotes Ortognaisse granítico Granjeiro /Seridó
ECLR	Pedimentos Dissecados	Granitóides Indiscriminados
EPCLRA	Planalto de Dissecação	Granitóides Indiscriminados
EPCAC	Planalto de Dissecação	Piancó, Granitóides Indiscriminados

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Assim, os quatro primeiros estilos fluviais (EPCAC; EPCLRA; ECLR; ECLCA), estão inseridos nas áreas com maior índice de inclinação do relevo, com geologia ígnea e metamórfica, principalmente o Estilo Confinado de Leito Rochoso (ECLR), localizado numa área de ruptura de declive, que provavelmente pode ser pela variação nas características geológicas da bacia, passando de um tipo de rocha mais resistente (Gnaiss e Anfibolito), para outra de menor resistência (Granodiorito e Monzogranito).

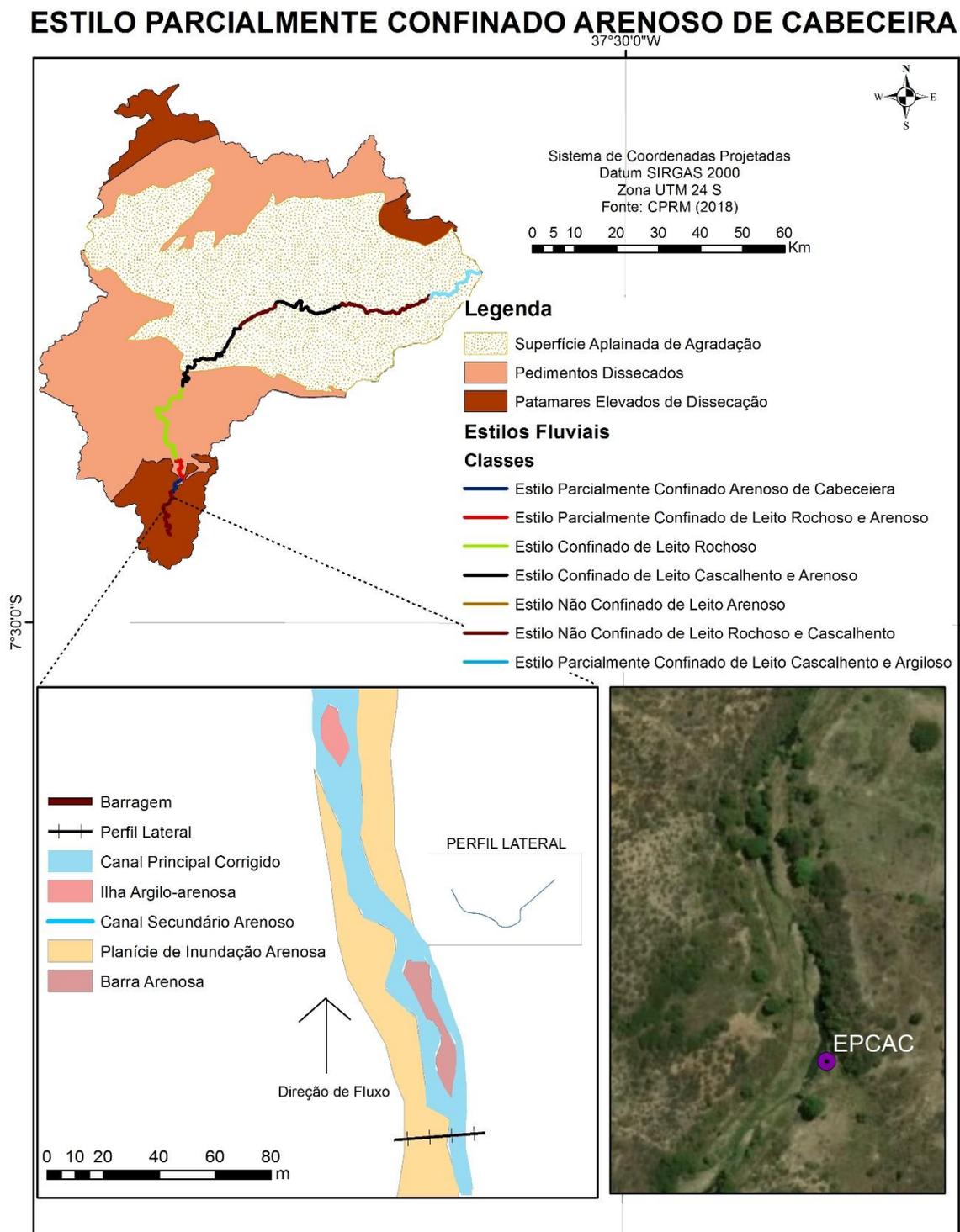
Os outros três estilos fluviais (ENCLA; ENCLRC; EPCLCA), localizados mais à jusante dos quatro primeiros estilos, apresentam uma tendência gradativa de redução de topografia, ou seja, sem apresentar rupturas bruscas de declividade. Seus substratos são formados principalmente por rochas sedimentares de depósito de rio e solos mais desenvolvidos pela coalescência dos pedimentos gerados nas áreas de dissecação.

Nessa perspectiva de variação dos estilos fluviais, os sete são apresentados de forma individual, possibilitando um enfoque maior de acordo com que a escala é aumentada, aproximando a visualização dos detalhes singulares de cada estilo.

I. Estilo Parcialmente Confinado Arenoso de Cabeceira (EPCAC)

O Estilo Parcialmente Confinado Arenoso de Cabeceira (EPCAC), como o próprio nome já diz, está localizado nas áreas de cabeceira da bacia, numa altitude em torno de 617 m, com extensão de 18,5 km. Seu vale é parcialmente confinado, apresentando confinamento das margens de 10 a 90 %, assim, o confinamento não é contínuo. Sua representação em planta é de morfologia sinuosa, abaixo de 1,5 de curva de meandro conforme o cálculo proposto por Christofolletti (1981), com presença de Ilhas argilo-arenosas, barras arenosas e planície de inundação arenosa (Figura 10).

Figura 10 - Estilo Parcialmente Confinado Arenoso de Cabeceira (EPCAC).



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

A figura 10 representa a morfologia do estilo, suas unidades geomórficas, localização do perfil lateral, a forma do perfil lateral e uma representação espacial em

planta a partir de uma imagem do Google Earth Pró da área, para comparar a representação cartográfica à realidade.

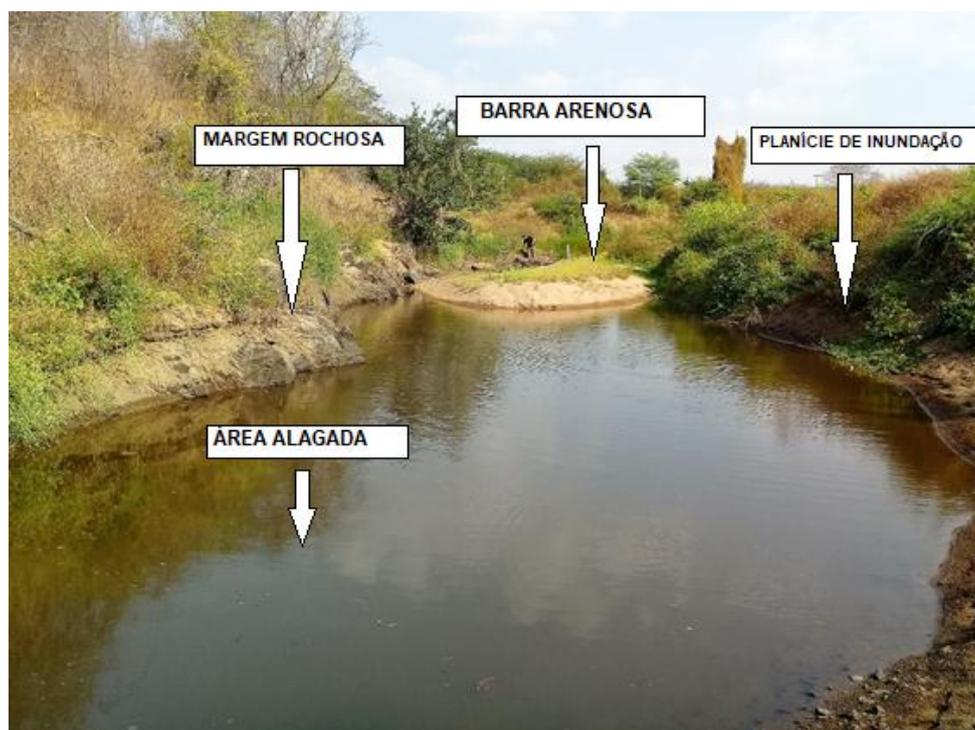
Assim, observa-se que o canal apresenta uma gama de unidades geomórficas no ambiente fluvial, que indica a pouca disponibilidade de energia para remover sedimento, com declividade de 4,8 %.

A geologia predominante na área é de rochas metamórficas de litotipo anfíbolito, gnaisse e rocha calcilissicática, que afloram em alguns pontos das margens no ambiente fluvial, gerando um controle estrutural.

Tendo pouca energia, o canal é forçado a se ajustar às condições de entrada de materiais no sistema ambiental fluvial, gerando uma dinâmica de transporte de materiais mais finos e deposição de parte do material mais grosseiro no leito e nas margens.

Nessa perspectiva, as formas fluviais e unidades geomórficas demonstram o equilíbrio atual do ambiente fluvial, frente às suas condições de energia e matéria, produzindo ilhas, barras e planícies de inundação (Figura 11).

Figura 11 - Foto 1 do EPCAC

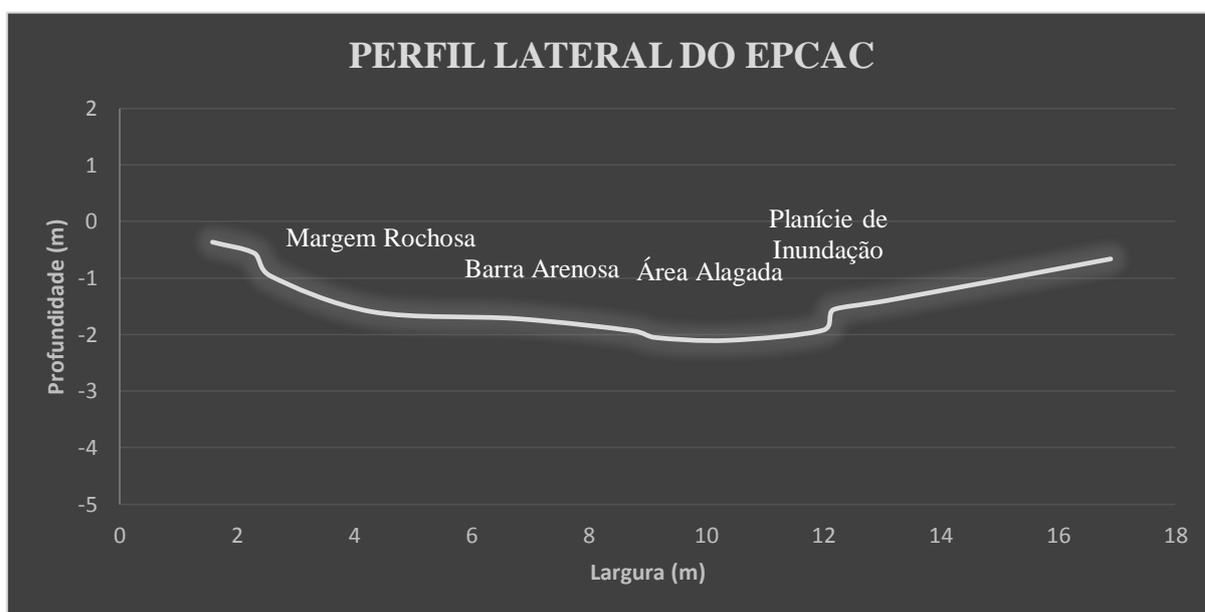


Fonte: Trabalho de campo (agosto, 2018). Acervo do Autor.

Assim, a figura 11 é representada por uma fotografia tirada de jusante para montante da direção de fluxo, onde a margem direita (lado esquerdo da fotografia) representa o confinamento do vale, enquanto a margem esquerda (lado direito da fotografia) é uma planície de inundação. Observa-se também uma barra arenosa sendo estabilizada pela presença de vegetação gramínea sobre ela, indicando que a estabilidade dessa unidade geomórfica está aumentando e os fluxos ocorrentes na área não estão sendo capazes de remobilizá-la.

O canal também apresenta áreas alagadas no ambiente fluvial, indicando que ocorrem desníveis topográficos, fazendo com que as águas contidas na zona hiporreica sejam alçadas à superfície (Figura 12).

Figura 12 - Perfil Lateral do EPCAC.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O Perfil Lateral do EPCAC mostra que o ambiente fluvial possui largura de 14 m e 1,5 m de profundidade, onde as áreas mais baixas do ambiente fluvial comportam as áreas alagadas pelo afloramento das águas da zona hiporreica. Assim, é um canal considerado estreito (em relação aos outros estilos fluviais), que naturalmente poderia

ter potencial de transporte mais eficaz que o processo existente atualmente. Contudo, as intervenções existentes no ambiente fluvial produzem alterações nos processos naturais.

Uma intervenção identificada foi um barramento à jusante (Figura 13). Dessa forma, a presença das unidades geomórficas no ambiente fluvial também é relacionada ao barramento à jusante desse trecho representado na figura 12. Tal barramento encontra-se rompido do lado direito, contudo, a maior parte da estrutura ainda está intacta, funcionando como um impedimento aos sedimentos transportados pelo sistema fluvial, e ainda assim, fazendo com que o canal perca velocidade de fluxo nos períodos de escoamento (período chuvoso), favorecendo assim a existência e formação de barras, ilhas e planícies de inundação.

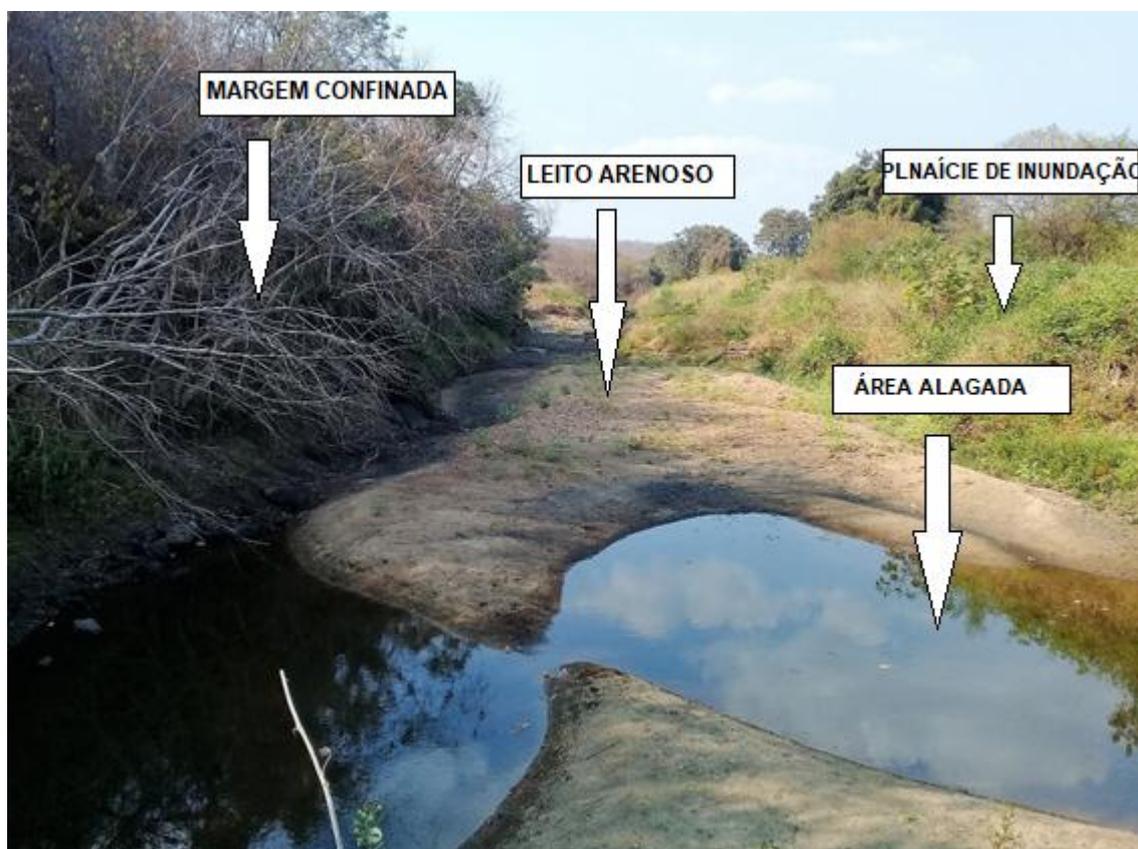
Figura 13 - Foto 2 do EPCAC.



Fonte: Trabalho de campo (agosto, 2018). Acervo do Autor.

A figura 13 representada de montante para jusante mostra o barramento com uma abertura do lado direito, mas ainda assim, reflete a grande retenção de sedimentos de leito no ambiente fluvial, produzindo a passagem de um fluxo lótico para um fluxo lântico de baixa energia, como afirma Cunha (1998) enfatizando que os barramentos alteram as características de escoamento de água, como também, funcionando de impedimento, algo salientado anteriormente. Nessa perspectiva, após o barramento a morfologia do canal é modificada, graças à maior possibilidade de transporte de material sedimentar, fazendo com que a existência das unidades geomórficas como barras e ilhas fiquem quase que nula, permanecendo apenas as planícies de inundação arenosas e material arenoso no leito (Figura 14).

Figura 14 - Foto 3 do EPCAC.



Fonte: Trabalho de campo (agosto, 2018). Acervo do Autor.

Conforme representado na figura 14, a margem esquerda é confinada, a margem direita é uma planície de inundação e o leito completamente preenchido de material arenoso. Contudo, o trecho ainda apresenta áreas alagadas geradas pelo desnível do ambiente fluvial exumando as águas da sua zona hiporreica.

De modo geral, o EPCAC apresenta-se em zona processual de deposição, e, por mais que esteja localizado nas áreas de cabeceira, tal unidade de paisagem em que esse estilo está inserido é de topo plano, impossibilitando o ganho de energia do escoamento superficial através dos efeitos gravitacionais, que correlacionados ainda à questão dos impactos antrópicos através de barramentos, diminui ainda mais a velocidade do fluxo (quando ocorre fluxo por ser um canal intermitente). Assim, suas características de competência de fluxo ficaram caracterizadas como intermediárias. Todas essas informações são demonstradas no Quadro 1, através da Matriz de informações do EPCAC.

Tabela 3 - Matriz do EPCAC.

MATRIZ DE ESTILOS FLUVIAIS – ESTILO PARCIALMENTE CONFINADO ARENOSO DE CABECEIRA (EPCAC)	
CARACTERÍSTICAS FLUVIAIS	
Configuração do Vale	Parcialmente Confinado
Configuração em Planta	Sinuoso
Textura de Materiais de Leito e Margem	Planície de Inundação (Arenosa) Margem Côncava (Rochosa)
Unidades Geomórficas	Pequenas Ilhas argilo-arenosas Barras laterais arenosas Planície de Inundação nas margens convexas
Vegetação associada	Arbórea Arbustiva (Margem direita) Arbustiva (Margem esquerda)
CONTROLES	
Bacia à Montante	Áreas altas e planas
Unidade de Paisagem	Patamares Elevados de Dissecação
Zona Processual	Deposição
Morfometria do Vale	14 m de largura e 1,5 m de profundidade
Declive do Vale	4,8 %
Competência do Fluxo	Intermediário
Intervenção Antrópica	Barragem à jusante

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Dado o exposto, foi possível inferir sobre a situação das margens do EPCAC, correlacionando às informações obtidas em campo: textura e vegetação.

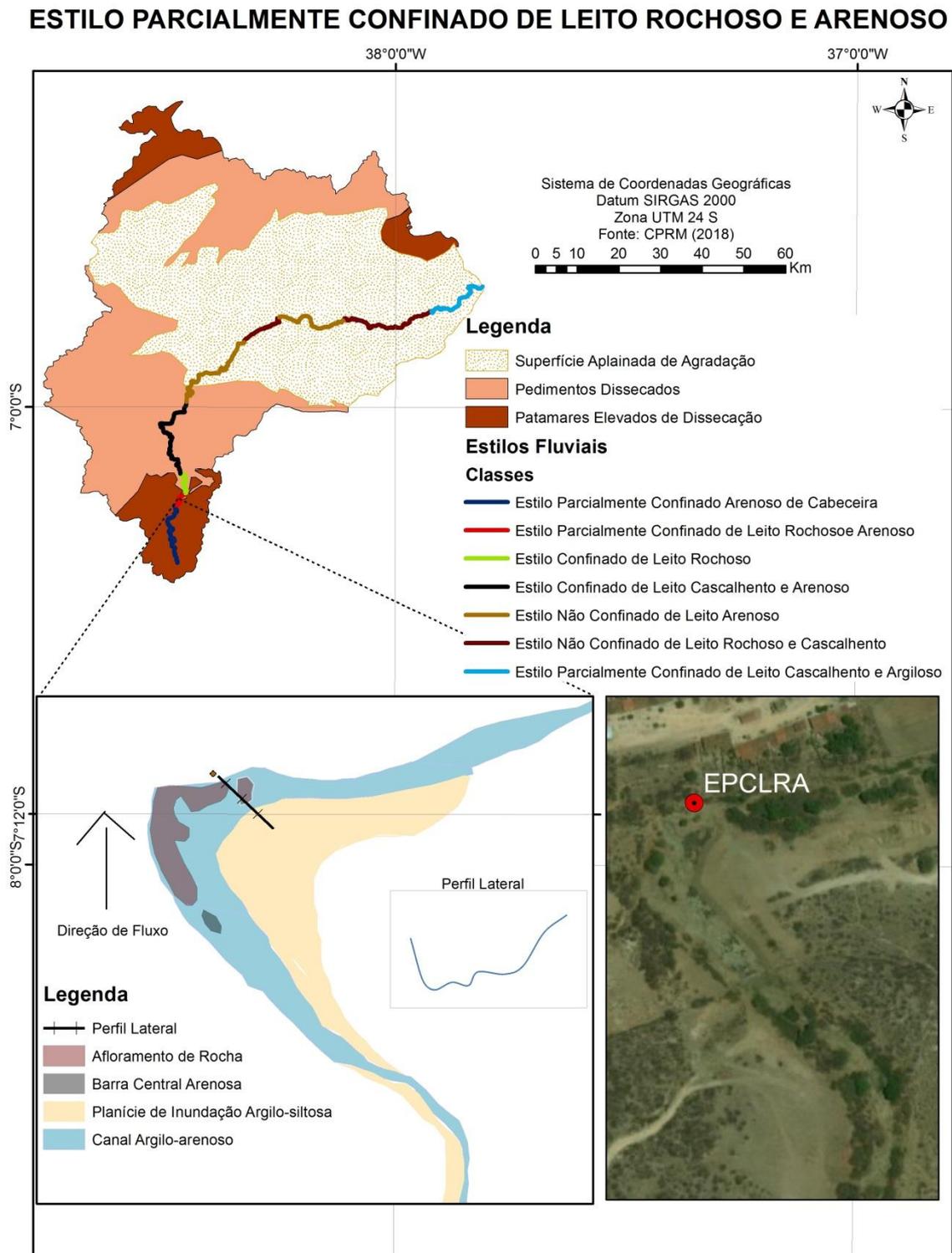
Dessa forma, considerando que a margem direita apresenta controle rochoso, enquanto que a esquerda é composta de sedimentos arenosos, com a predominância de vegetação arbórea arbustiva, ou seja, estáveis.

II. Estilo Parcialmente Confinado de Leito Rochoso e Arenoso (EPCLRA)

O Estilo Parcialmente Confinado de Leito Rochoso e Arenoso (EPCLRA) apresenta 5,6 km de extensão, com altitude em torno de 500 m a 540 m. É o segundo estilo fluvial da bacia, de montante para jusante.

Seu vale é parcialmente confinado por apresentar planície descontínua no ambiente fluvial entre 10 e 90 %. Nessa perspectiva, seu vale apresenta confinamento em uma das margens e confinamento parcial na outra. A visão em planta evidenciou que o canal é sinuoso, por ter valores abaixo de 1,5 na relação entre comprimento do leito e extensão do seu vale (Figura 15).

Figura 15 - Estilo Parcialmente Confinado de Leito Rochoso e Arenoso (EPCLRA).



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Observa-se na figura 15 que o canal apresenta uma característica de curva na sua visão e planta, contudo, os valores indicaram que ele é sinuoso com a presença de

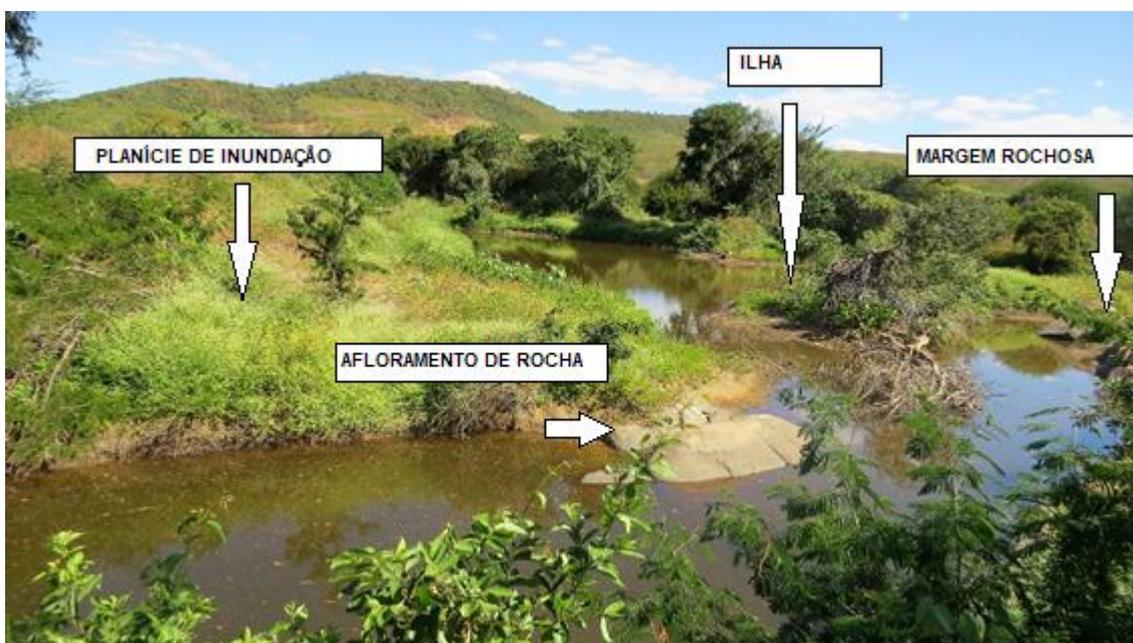
planície de inundação na margem convexa (direita) e rochosa na margem côncava (esquerda). Nessa perspectiva, o canal possui uma ampla planície de inundação resultante da imposição litológica de uma das margens, que faz o canal perder competência de escoamento do lado direito, gerando o processo de deposição de sedimentos.

Ainda assim, aparecem no leito a presença de afloramentos rochosos, indicando que o canal possui controle estrutural também no fundo do vale, impedindo que o canal evolua de forma vertical.

Também foram identificadas barras centrais no ambiente fluvial, onde sua gênese pode ser um possível resultado da baixa competência de transporte, com cerca de 1,5 % de declividade no trecho, associada as intensas intervenções antrópicas no ambiente fluvial (Figura 16).

A geologia predominante na área é composta principalmente por granitoides indiscriminados, de litotipo granítico, granodiorito e monzogranito. Neste ponto as rochas também afloram no ambiente fluvial, tanto nas margens como no leito, funcionando como soleiras para retenção de material sedimentar.

Figura 16 - Foto 1 do EPLRA.



Fonte: Trabalho de campo (agosto, 2018). Acervo do Autor.

Assim, a presença de lixo e material lenhoso no ambiente fluvial forçam o aprisionamento de sedimentos que vem de montante e alteram a dinâmica natural do canal em relação ao seu processo de transporte sedimentar.

As soleiras rochosas no ambiente fluvial funcionam como um impedimento natural ao livre transporte sedimentar, onde a exumação desse material mais resistente consiste em um possível período mais agressivo do sistema fluvial de evolução vertical, aprofundando seu talvegue, contudo, infere-se que esse processo de aprofundamento é pretérito, pois indícios atuais, como a formação de planície de inundação fazem o canal ter característica deposicional.

Assim, de forma sintética, o trecho possui um gradiente baixo, correndo sobre áreas planas, com impacto antrópico (desmatamento, lixo e ocupação de vertente), com competência de fluxo baixa.

O perfil lateral ajuda a compreender a morfometria do vale e as relações desses valores quantitativos com a realidade (Figura 18).

Figura 18 - Perfil Lateral do EPCLRA.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

A morfometria do perfil lateral indica que o canal possui 15,6 m de largura e 1,8 m de profundidade. Dessa forma, o canal é estreito e raso, pois não possui capacidade erosiva tão atuante para gerar uma evolução vertical pelo fato de o substrato do leito ser rochoso (granitos, granodioritos e monzogranitos). Dessa forma, o EPCLRA é caracterizado como um trecho de deposição (Quadro 2).

Com base nas informações da matriz de EPCLRA, pode-se inferir sobre a estabilidade das margens desse estilo fluvial, onde a margem esquerda é estável, por ter um controle litológico que obriga o canal a fazer uma curva sinuosa.

Mas, a margem direita apresenta uma planície de inundação argilo-siltosa, ou seja, considerando que o leito do canal apresenta uma textura arenosa, isso indica que quanto mais se distancia os processos de escoamento da zona do talvegue, o canal deposita sedimento mais fino, formando a planície de inundação desse estilo, que por ter uma vegetação arbustiva sobre ela com uma textura de boa coesão, como é o caso de silte e argila predominando, faz com que as margens apresentem boa estabilidade.

Tabela 4 - Matriz do EPCLRA.

MATRIZ DE ESTILOS FLUVIAIS – ESTILO PARCIALMENTE CONFINADO DE LEITO ARENOSO E ROCHOSO (EPCLRA)	
CARACTERÍSTICAS FLUVIAIS	
Configuração do Vale	Parcialmente Confinado
Configuração em Planta	Sinuoso
Textura de Materiais de Leito e Margem	Leito Argilo-arenoso Planície de Inundação (Argilo-siltosa) Margem Côncava (Rochosa)
Unidades Geomórficas	Barra arenosa Ilha argilo arenosa Material Lenhoso Planície de inundação argilo siltosa na margem direita (convexa) Afloramento de rocha na margem esquerda (côncava)
Vegetação associada	Arbustiva Arbórea
CONTROLES	
Bacia à Montante	Áreas de afloramento, falhamentos e declives
Unidade de Paisagem	Patamares Elevados de Dissecação
Zona Processual	Deposição
Morfometria do Vale	15,6 m de largura e 1,8 m de profundidade
Declive do Vale	1,5 %
Competência do Fluxo	Baixa Competência
Intervenção Antrópica	Desmatamento, lixo e ocupação de vertentes

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Contudo, o fato de interferências antrópicas atuarem de forma intensa na área, faz com que ela apresente degradação, por sofrer com desmatamento e deposição de lixo doméstico no ambiente fluvial.

III. Estilo Confinado de Leito Rochoso (ECLR)

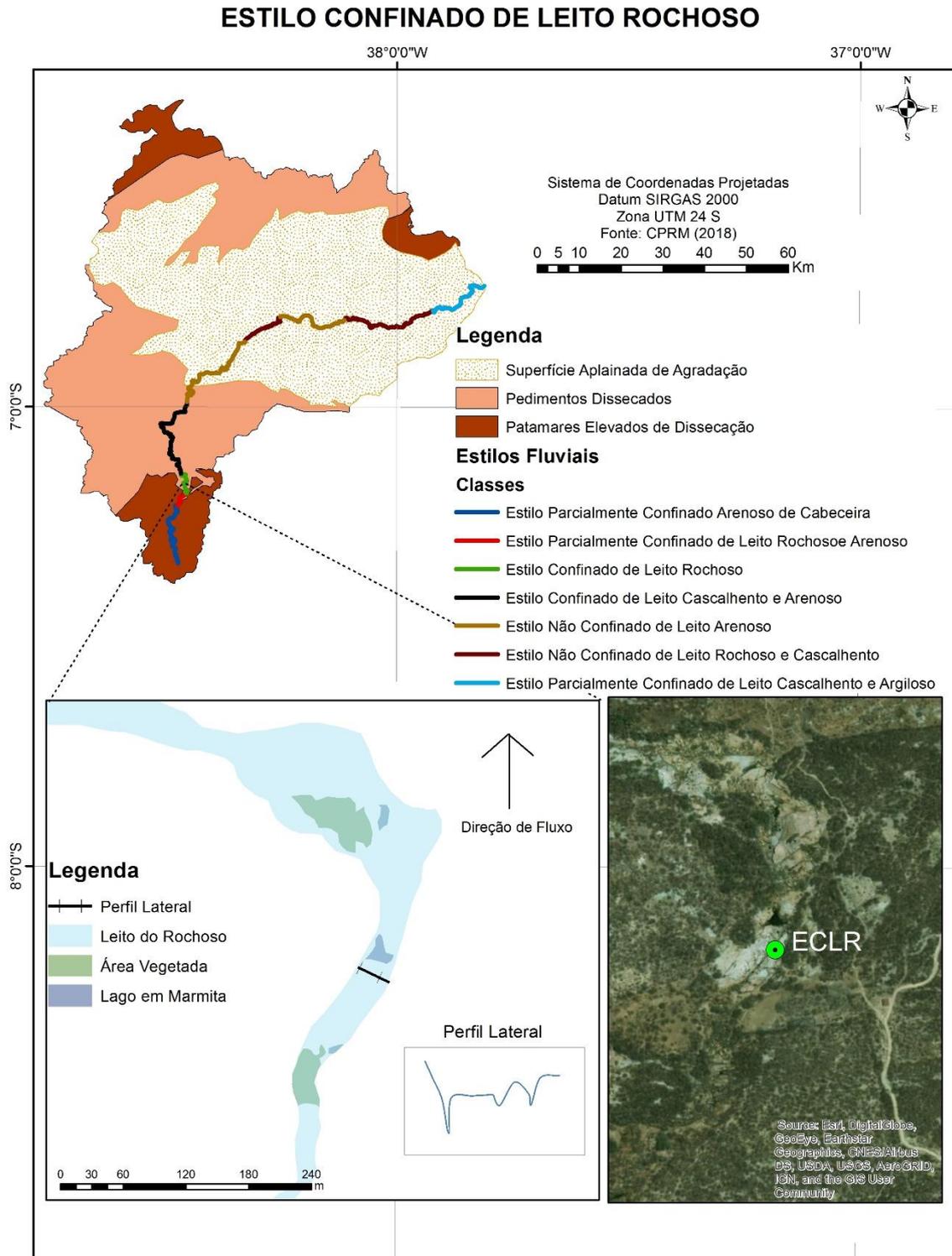
O estilo Confinado de Leito Rochoso é o terceiro estilo fluvial da bacia, onde sua altitude varia de 400 m a 500 m em uma extensão de 7,502 km. Essa variação de altitude dentro da bacia é alta, onde seu relevo ficou caracterizado como ondulado.

A configuração do vale ficou caracterizada como confinado, pois apresenta mais de 90% do trecho confinado. Suas margens são rochosas, como também, o seu leito.

Sua visão em planta possibilitou atribuir-lhe característica de canal sinuoso, pois o cálculo de sinuosidade indicou que ele apresenta valor menor que 1,5. As unidades geomórficas identificadas na área são as soleiras rochosas funcionando como impedimento natural ao livre transporte de sedimentos, e as marmitas, que retém água no período seco, onde algumas alcançavam mais de dois metros de profundidade (Figura 19).

A declividade do trecho possui valores aproximados de 6,99%, indicando que o trecho tem alto potencial de transporte de material sedimentar.

Figura 19 - Estilo Confinado de Leito Rochoso (ECLR).



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

A inclinação do relevo associada à geologia da área, que é composta por granitoides indiscriminados, de litotipo granítico, granodiorítico e monzogranítico (rochas resistentes), conferem ao canal a morfologia existente atual. Nessa perspectiva,

a competência do fluxo é alta através da inclinação da superfície, contudo, o potencial de resistência do ambiente fluvial impede alterações frequentes nas formas fluviais. Assim, a zona processual dominante é de erosão e transporte de sedimentos.

As dinâmicas atuantes no ambiente fluvial de acordo com o tempo foi esculpindo uma morfologia singular nesse trecho, como é o caso das marmitas citadas anteriormente, matacões e leito de rocha lavada (Figura 20)

Observa-se na figura 20 que o leito do canal é completamente composto por afloramento de rocha lavada, que nessa perspectiva, possibilita inferir que o canal apresenta escoamento capaz de transportar sedimentos de textura grosseira (seixos e areia).

Também é importante salientar que as marmitas (Figura 21) formadas através da ação da água e dos materiais que se deparam com uma fresta na rocha, conseqüentemente através do atrito contínuo em forma de vértice, consegue escavar essas formas no leito rochoso do ambiente fluvial através do tempo.

As marmitas segundo a literatura são depressões escavadas nas rochas ígneas, que associadas aos controles estruturais podem apresentar contornos irregulares. São formadas em ambientes áridos e semiáridos principalmente, e a evolução lenta através das ações das intempéries, com processos gerados pelos ataques da umidade nas áreas de fraqueza litoestrutural, que associados aos efeitos abrasivos giratórios dos seixos ou blocos de ambientes fluviais rotacionados pela energia da água, forma sua aparência circular (CHRISTOFOLETTI, 1981. apud. SILVA, 2017).

Assim, as próprias marmitas possibilitam induzir que o canal possui energia suficiente para transportar e produzir formas superficiais no leito através desse processo sedimentológico.

As soleiras e matacões ainda funcionam como um impedimento natural ao livre transporte de material sedimentar, retendo-o nas suas bases e formando pequenos depósitos de material arenoso (Figura 22).

Figura 20 - Foto 1 do ECLR.



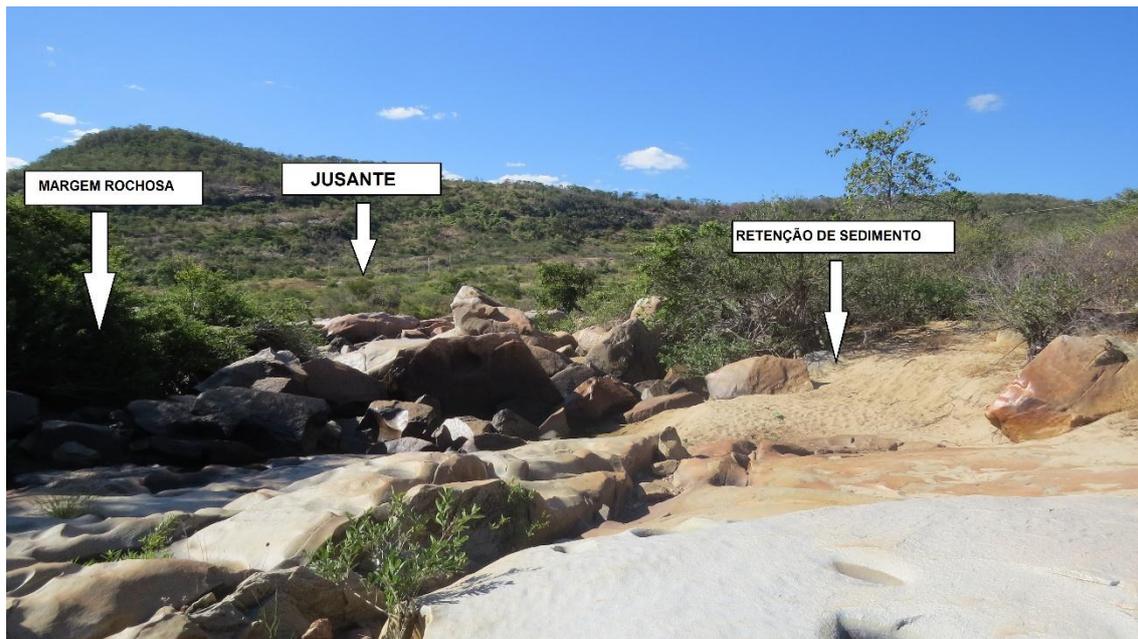
Fonte: Trabalho de campo (agosto, 2018). Acervo do Autor.

Figura 21 - Foto 2 do ECLR.



Fonte: Trabalho de campo (agosto, 2018). Acervo do Autor.

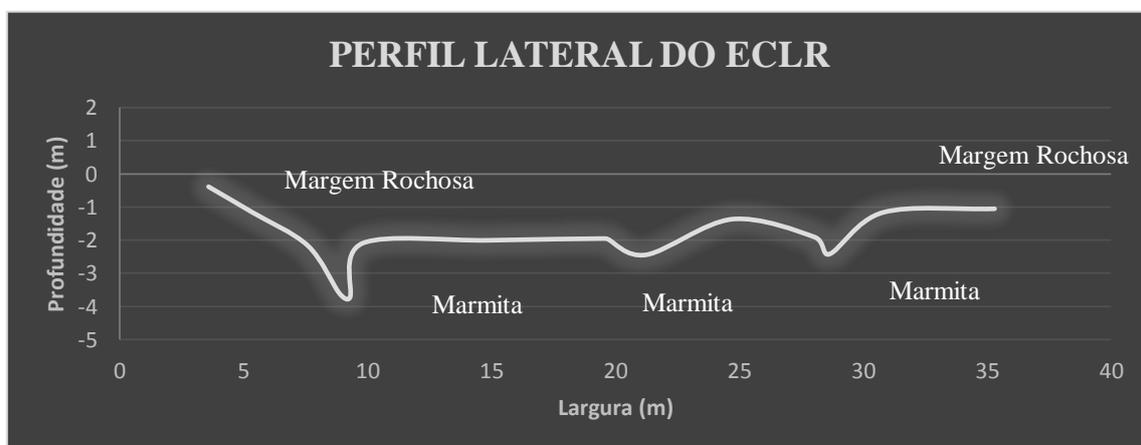
Figura 22 - Foto 3 do ECLR.



Fonte: Trabalho de campo (agosto, 2018). Acervo do Autor.

O perfil Lateral ajuda a compreender a morfometria do ambiente fluvial (Figura 23)

Figura 23 - Perfil Lateral do ECLR.



Fonte: Trabalho de campo (agosto, 2018). Acervo do Autor.

O perfil lateral do ECLR confirma em uma perspectiva quantitativa as informações obtidas através da coleta de dados empíricos, onde o vale do ambiente fluvial possui 29,9 m de largura, e 3,3 m de profundidade. Os desníveis visíveis são referentes às marmitas e as áreas mais elevadas nas laterais são referentes ao confinamento rochoso das margens.

A partir desse arcabouço de informações foi possível gerar uma matriz de informações (Quadro 3).

Tabela 5 - Matriz do ECLR.

MATRIZ DE ESTILOS FLUVIAIS – ESTILO CONFINADO DE LEITO ROCHOSO (ECLR)	
CARACTERÍSTICAS FLUVIAIS	
Configuração do Vale	Confinado
Configuração em Planta	Sinuoso
Textura de Materiais de Leito e Margem	Margem e leito rochosos
	Pequena quantidade de areia retida por soleiras rochosas
Unidades Geomórficas	Soleiras rochosas
	Matações
	Marmitas
Vegetação associada	Arbórea Arbustiva
CONTROLES	
Bacia à Montante	Áreas de afloramento, falhamentos, e declives
Unidade de Paisagem	Transição entre Patamares Elevados de Dissecação e Pedimentos Dissecados
Zona Processual	Erosão e transporte
Morfometria do Vale	29,9 m de largura e 3,3 m de profundidade
Declive do Vale	6,99 %
Competência do Fluxo	Alta Competência
Intervenção Antrópica	Ausente

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

De acordo com a matriz de ECLR, este estilo está inserido numa área após áreas de afloramento, falhamentos e declive, sendo como tal, uma área dentro dessas mesmas características, funcionando como um trecho de transição entre o Patamares Elevados de Dissecção e Pedimentos Dissecados, com alta competência de transporte sedimentar e bem preservado, sem indícios de intervenção antrópica.

Suas margens são rochosas e confinadas, o que induz que possuem alta resistência, ou seja, o ambiente fluvial não é capaz de apresentar mudanças periódicas frente a eventos de escoamento, possibilitando sua estabilização e frequência no padrão das formas.

IV. Estilo Confinado de Leito Cascalhento e Arenoso (ECLCA)

O Estilo Confinado de leito Cascalhento e Arenoso é o quarto estilo fluvial da bacia, e está localizado na unidade de paisagem Pedimentos Dissecados, possui altitude em torno de 300 m a 370 m, com extensão de 28,168 km.

A configuração do vale ficou caracterizada como confinada, pois apresenta mais de 90% do trecho confinado sem planície de inundação. A margem esquerda é um terraço fluvial argilo siltosa e sua margem direita é rochosa. Entretanto, o leito é arenoso no talvegue do canal e cascalhento na área de baixa energia (lado direito do leito).

As unidades geomórficas existentes são: terraço fluvial no lado esquerdo e afloramentos rochosos no lado direito do ambiente fluvial (Figura 24).

De acordo com a figura 24 o canal apresenta confinamento nas duas margens, indícios de afloramento através das rochas expostas nas margens fluviais, formando um vale em formato de “u”, escavado.

Sua declividade é de 0,4, sendo assim, baixa em relação à declividade dos outros estilos fluviais analisados. Contudo, a oferta de sedimentos para a área não é suficiente para gerar unidades geomórficas no ambiente fluvial que é cortado por uma ponte de concreto.

Entretanto, a construção dessa ponte deixou marcas na paisagem, como detritos e materiais da obra (Figura 25).

Figura 25 - Foto 1 do ECLCA.



Fonte: Trabalho de campo (agosto, 2018). Acervo do Autor.

A figura 25 é representada de jusante para montante, evidenciando a ponte que corta o canal, com os detritos deixados no ambiente fluvial. Também representa o terraço fluvial na margem esquerda (canto direito da foto), com a presença de vegetação arbustiva associada à textura argilo siltosa, é possível atribuí-la um potencial de estabilidade lateral.

Já a figura 26 representa o canal de montante para jusante, para dar um enfoque de acordo com a direção do fluxo nesse estílo, e é possível observar que o impacto do material jogado no ambiente fluvial é referente às características da carga de leito, pois no lado esquerdo do leito ocorre a presença de material arenoso, enquanto que o lado direito predomina detritos decorrentes do impacto.

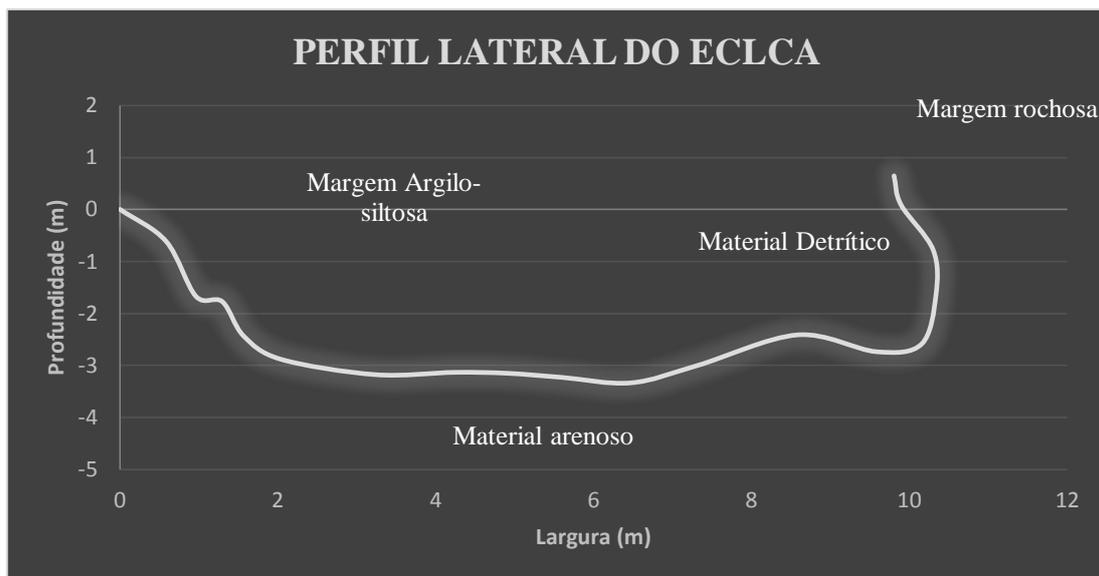
Figura 26 - Foto 2 do ECLCA.



Fonte: Trabalho de campo (agosto, 2018). Acervo do Autor.

O perfil lateral demonstra as características morfométricas do ECLCA (Figura 27).

Figura 27 - Perfil Lateral do ECLCA.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O perfil lateral indica que o canal possui 9,8 m de largura e 2,7 m de profundidade. Considerando que a declividade do canal é de 0,4% (uma das mais baixas da bacia), o fato desse estilo ser confinado remete a questionamentos acerca de sua característica morfológica, sem a presença de planícies de inundação.

Assim, considerando que o trecho é composto por rochas metamórficas, de litotipo metaconglomerado, metagrauvaca e metarenito, as rochas possuem resistência capaz de manter o padrão do escoamento fluvial, ou seja, o canal é controlado pelo substrato rochoso da área que o confina, onde indícios refletem que num passado geológico esse trecho possuía atributos de competência de fluxo capazes de escavar seu vale, resultando atualmente na sua morfologia presente.

Contudo, a existência de material cascalhento é associada à intervenção antrópica no ambiente fluvial, enquanto a predominância de material arenoso no leito é referente aos processos naturais do sistema fluvial.

Dado o exposto, foi possível montar a matriz de ECLCA (Quadro 4).

Tabela 6 - Matriz do ECLCA.

MATRIZ DE ESTILOS FLUVIAIS – ESTILO CONFINADO DE LEITO CASCALHENTO E ARENOSO (ECLCA)	
CARACTERÍSTICAS FLUVIAIS	
Configuração do Vale	Confinado
Configuração em Planta	Irregular
Textura de Materiais de Leito e Margem	Leito Arenoso no talvegue e cascalhento na área de baixa energia Margem esquerda argilo-siltosa Margem direita rochosa
Unidades Geomórficas	Terraço do lado esquerdo Afloramento do lado direito
Vegetação associada	Arbórea Arbustiva
CONTROLES	
Bacia à Montante	Áreas de afloramento, falhamentos, e declives
Unidade de Paisagem	Pedimentos Dissecados
Zona Processual	Transporte e deposição
Morfometria do Vale	9,8 m de largura e 2,7 m de profundidade
Declive do Vale	0,4 %
Competência do Fluxo	Baixa competência
Intervenção Antrópica	Por conta da construção da ponte, existem detritos no ambiente fluvial.

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

A partir das informações obtidas em laboratório e confirmadas em campo, resultando na matriz de informações de ECLCA (Quadro 4), observa-se que a área está inserida na unidade de paisagem de Pedimentos Dissecados, logo após áreas de afloramentos, falhamentos e declives, onde estava inserido o ECLR analisado anteriormente.

Correlacionando o gradiente/declividade do canal com os materiais de leito, observou-se que o ECLCA possui baixa competência de transporte, e o fato desse estilo

não apresentar unidades geomórficas pode estar relacionado com a quantidade de material ofertado ao sistema fluvial nessa parte da bacia.

Em relação às margens, tendo como base que uma delas é rochosa e a outra argilo-siltosa com presença de vegetação arbórea arbustiva, ambas podem ser consideradas estáveis, de boa resistência.

V. Estilo Não Confinado de Leito Arenoso (ENCLA)

O Estilo Não Confinado de Leito Arenoso está localizado em dois locais na bacia de drenagem, onde o primeiro trecho tem parte inserida nos Pedimentos Dissecados e parte na Superfície Aplainada de Agradação. O outro trecho está totalmente inserido na Superfície Aplainada de Agradação.

Nessa perspectiva, o trecho mais à montante possui 28,915 km em torno de 250 m a 300 m. O segundo trecho de ENCLA, mais à jusante, possui 19,839 km de extensão, com altitude em torno de 200 m a 230 m.

Sua configuração de vale apresenta menos de 10% do vale confinado, não confinado. Nessa perspectiva, mais de 90% do estilo apresenta planície de inundação (Figura 28).

O estilo foi considerado irregular, pois não é sinuoso, como também não é totalmente retilíneo, contudo, apresenta irregularidades no curso, sendo considerado como tal.

no meio do canal. Ele também é um trecho cortado por uma passagem molhada no ambiente fluvial.

A declividade do ENCLA é de 4,7 %, onde a morfologia pode ser explicada pela baixa competência de transporte de sedimentos associada a oferta de material sedimentar maior que a capacidade de fluvial. Nessa perspectiva, no leito consiste a predominância de material arenosos, com planícies e ilhas de material argilo siltoso.

Dessa forma, quanto mais a análise se afasta do ponto de talvegue do ambiente fluvial, menor é a textura do material predominante, ou seja, as deposições de material fino ocorre nos períodos de maior disponibilidade hídrica para os canais da bacia, possibilitando que eles alcancem as partes mais altas das planícies de inundação através de deposição vertical.

A geologia predominante na área é Suíte Intruziva Calcialcalina, de litotipo granito e granodiorito, que são rochas compostas por quartzo, feldspato e biotita, sendo assim, rochas resistentes.

Contudo, a unidade da paisagem em que esse estilo está inserido é uma área pedimentar, ou seja, o material produzido nas áreas altas são depositados entre o sopé das vertentes e os ambientes fluviais, gerando os pedimentos.

Com isso, a geologia cristalina é recoberta por esse material depositado, recobrando o substrato rochoso que associado à baixa topografia e declividade, produzem um estilo não confinado (Figura 29).

Figura 29 - Foto 1 do ENCLA.

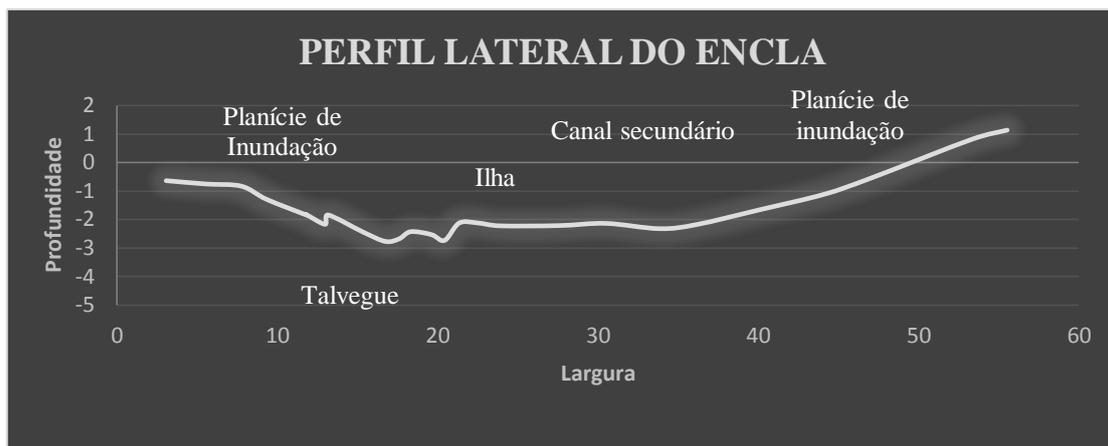


Fonte: Trabalho de campo (agosto, 2018). Acervo do Autor.

A figura 29 demonstra a presença de planícies de inundação nas duas margens, uma ilha que divide o canal lhe dando uma característica de entrelaçado, com vegetação do tipo gramínea recobrendo essas unidades geomórficas.

O perfil lateral reflete numa perspectiva morfométrica anformações sobre o ambiente fluvial (Figura 30).

Figura 30 - Perfil Lateral do ENCLA.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

De acordo com a figura 30, o ambiente fluvial possui 50 m de largura e 3,8 m de profundidade. Os desníveis no leito são referentes às ilhas que o estilo possui, como também, é possível identificar que as planícies são amplas.

Como o canal não possui boa competência de transporte para o material sedimentar, faz com que sua energia seja insuficiente para gerar uma evolução vertical no ambiente fluvial, forçando-o a ajustar-se alargando suas margens, provocando assim a morfologia atual existente.

Entretanto, além das condições naturais que provocam a morfologia atual no ENCLA, as intervenções antrópicas contribuem diretamente a dinâmica do canal. Assim, intervenções como aterramento para criar uma passagem molhada, e o pastoreio de gato nas planícies, provocam a entrada de material sedimentar antropogênico e impedem o desenvolvimento da vegetação nas unidades através da prática do pastoreio e da agricultura.

Assim, foi possível preencher a matriz do ENCLA (Quadro 5).

Tabela 7 - Matriz do ENCLA.

MATRIZ DE ESTILOS FLUVIAIS – ESTILO NÃO CONFINADO DE LEITO ARENOSO (ENCLA)	
CARACTERÍSTICAS FLUVIAIS	
Configuração do Vale	Não Confinado
Configuração em Planta	Irregular
Textura de Materiais de Leito e Margem	Leito Arenoso Planícies de Inundações Argilo Siltosa
Unidades Geomórficas	Planície de inundação nas duas margens do canal Barras Ilhas
Vegetação associada	Gramínea
CONTROLES	
Bacia à Montante	Area de transporte de sedimentos
Unidade de Paisagem	Superfície Aplainada de Agradação
Zona Processual	Deposição
Morfometria do Vale	50 m de largura e 3,8 m de profundidade
Declive do Vale	4,7 %
Competência do Fluxo	Baixa competência
Intervenção Antrópica	Aterramento para passagem molhada Agricultura e Pastoreio nas margens

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

De acordo com as informações da matriz, a bacia à montante desse estilo fluvial é caracterizada como uma zona de transporte de sedimento que influencia diretamente o ENCLA.

A baixa declividade associada à disponibilidade de material sedimentar da área, faz com que a capacidade e competência do ENCLA seja superada, produzindo uma zona processual de deposição.

Contudo, as planícies de inundação são argilo-siltosas, formadas através dos processos verticais de enchentes, mas, a prática da agropecuária nas margens desse estilo fluvial (ENCLA), faz com que elas sejam pouco estáveis.

VI. Estilo Não Confinado de Leito Rochoso e Cascalhento (ENCLRC)

O Estilo Não Confinado de Leito Rochoso e Cascalhento é o sexto estilo fluvial identificado na bacia do Alto Rio Piranhas, com dois trechos dentro da unidade de paisagem Superfície Aplainada de Agradação. Assim, o primeiro trecho desse estilo possui extensão de 12,684 km, com altitude em torno de 210 m a 250 m. Já o segundo trecho do ENCLRC possui 26,810 km de extensão, com altitude em torno de 170 m a 190 m.

A configuração do vale é não confinado, pois apresenta menos de 10% do vale confinado. Nessa perspectiva, mais de 90% do estilo apresenta planície de inundação (Figura 31).

Sua configuração em planta é meandrante, apresentando valor acima de 1,5 na relação comprimento do vale pelo comprimento do canal. O ENCLRC apresenta soleiras rochosas e planície de inundação argilo arenosa (Figura 31).

potencial de energia do canal. Também ocorrem a presença de planícies de inundação nos dois lados do ambiente fluvial.

A interferência do barramento também contribui para a retenção de sedimento fino à montante dela, o que pode ser motivo da falta de sedimento arenoso no ambiente fluvial (Figura 32).

Esse trecho possui uma ponte e um barramento que represa o canal (Figura 33), expondo o substrato rochoso do ambiente fluvial à jusante do barramento. É importante salientar que a declividade de 9,5% potencializa o fluxo do canal, lhe dando capacidade de escoamento suficiente de transportar sedimento fino (Areia, silte e argila), deixando no ambiente fluvial apenas os seixos e cascalhos.

Figura 32 - Foto 1 do ENCLRC.



Fonte: Trabalho de campo (agosto, 2018). Acervo do Autor.

Figura 33 - Foto 2 do ENCLRC.



Fonte: Trabalho de campo (agosto, 2018). Acervo do Autor.

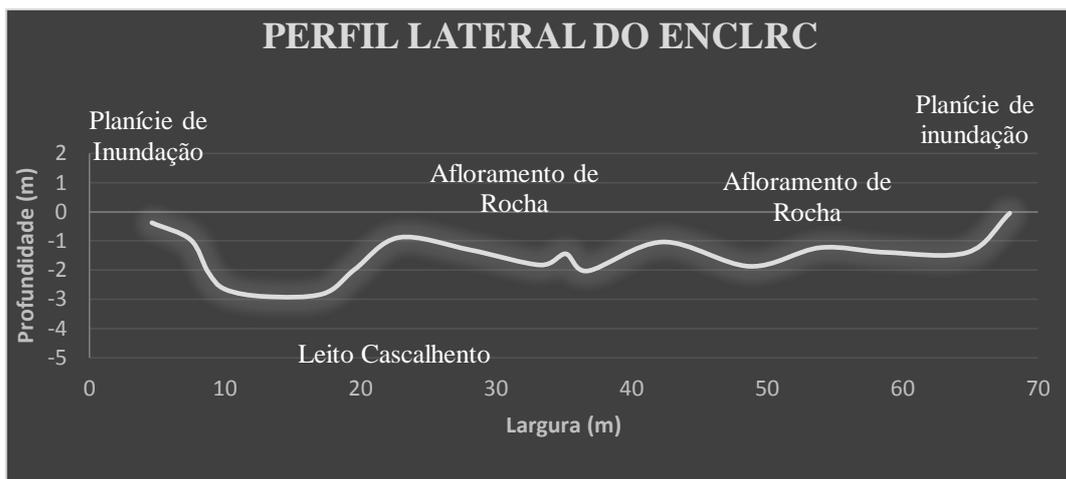
Algo a ser salientando é que o começo do segundo trecho do ENCLRC é uma área de confluência do Rio do Peixe com o Rio Piranhas, onde a captação de água/energia para o sistema é aumentada, fazendo com que o canal ganhe capacidade de transporte, que associada à competência gerada pela declividade, produz transporte de material sedimentar fino.

Percebe-se na figura 32 que as planícies de inundação estão localizadas nas laterais dos ambientes fluviais, compostas por material de textura argilo-arenosa.

Nessa perspectiva, por mais que o ambiente fluvial possua intervenções antrópicas como a ponte e o barramento, o canal ainda assim é capaz de manter a presença apenas de cascalhos e rocha lavada no leito do ambiente fluvial.

A topografia do ambiente fluvial é assimétrica, como evidenciado na figura 34.

Figura 34 - Perfil Lateral do ENCLRC.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O ambiente fluvial apresenta largura de 63,4 m e 2,9 m de profundidade. As variações topográficas do ambiente fluvial são associadas aos desníveis das rochas expostas pelos esforços fluviais em superfície, onde a alta competência de transporte remove os materiais finos e deixa apenas a presença de material cascalhento no leito.

Entretanto, os desníveis funcionam como captura de sedimentos finos (Areia e silte), quando o canal está se aproximando de seu período seco, perdendo energia e consequentemente, seu processo de transporte sedimentar.

Por mais que o canal esteja localizado na unidade de paisagem Superfície Aplainada de Agradação, a inclinação desse estilo faz com que haja a presença dos três processos conhecidos no sistema fluvial (erosão, transporte e deposição), predominando o de transporte.

É importante salientar que no ENCLRC a geologia predominante na área é de depósitos aluvionares, contudo, o substrato presente no leito fluvial consiste de anfibólito, metacalcário, metagranito, metagranodiorito, que são da Unidade Caicó. Essa geologia que rochas metamórficas, de cunho mais resistente que as sedimentares, afloram à superfície graças aos processos fluviais que conseguem exumar o material resistente, que por sua vez, força o sistema fluvial a alargar suas margens por não possuir capacidade erosiva suficiente para gerar uma erosão vertical.

Todas as informações coletadas em campo e laboratório foram expostas na Matriz de ENCLRC (Quadro 6).

Tabela 8 - Matriz do ENCLRC.

MATRIZ DE ESTILOS FLUVIAIS – ESTILO NÃO CONFINADO DE LEITO ROCHOSO E CASCALHENTO (ENCLRC)	
CARACTERÍSTICAS FLUVIAIS	
Configuração do Vale	Não Confinado
Configuração em Planta	Meandrante
Textura de Materiais de Leito e Margem	Leito – Rochoso e cascalhento Planície de Inundação Argilo-arenosa
Unidades Geomórficas	Soleiras Rochosas Planície de inundação
Vegetação associada	Arbustiva arbórea
CONTROLES	
Bacia à Montante	Area de transporte de sedimentos
Unidade de Paisagem	Superfície Aplainada de Agradação
Zona Processual	Erosão e deposição
Morfometria do Vale	63,4 m de largura e 2,9 m de profundidade
Declive do Vale	9,5 %
Competência do Fluxo	Alta Competência
Intervenção Antrópica	Barragem à montante Ponte

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Em relação á resistência das margens, o canal apresenta planícies de inundação perpendiculares ao leito fluvial, com textura argilo-arenosa e presença de vegetação arbustiva arbórea, ou seja, através destes parâmetros levantados, pode-se dizer que as margens são estáveis.

VII. Estilo Parcialmente Confinado de Leito Cascalhento e Argiloso (EPCLCA)

O Estilo Parcialmente Confinado de Leito Cascalhento e Argiloso é o último estilo fluvial da bacia, com 19,165 km de extensão e com altitudes em torno de 170 m e 200 m. Seu vale é parcialmente confinado, pois apresenta confinamento entre 10% e 90% de extensão. A morfologia em planta possui morfologia irregular, não sendo retilíneo e nem sinuoso, e, apresentando terraços fluviais, barras laterais e planície de inundação (Figura 35).

cascalhento e ocorre atividade antrópica através de uma zona de extração de areia dentro do ambiente fluvial.

Nessa perspectiva, levando em consideração que o canal possui gradiente de 5,5%, reflete que o canal não possui valores altos de inclinação, contudo, no seu leito predominam a presença de cascalhos e argila.

As unidades geomórficas são os maiores exemplos de que o canal não possui competência de transporte tão eficiente, pois são unidades formadas principalmente por sedimentos argilo-siltosos.

Por ser um estílo inserido na parte final de um local plano, com predominância de geologia de depósitos fluviais, o trecho é caracterizado como parcialmente confinado porque possui um terraço fluvial na margem confinante e planícies nas margens não confinadas. O terraço fluvial também é caracterizado com textura argilo-siltosa (Figura 36).

Entretanto, ocorre a atividade de extração de areia do ambiente fluvial, mais à jusante, evidenciando que o ambiente possui pontos isolados de extração de areia, contudo, a predominância é de cascalho e argila.

Figura 36 - Foto 1 do EPCLCA.

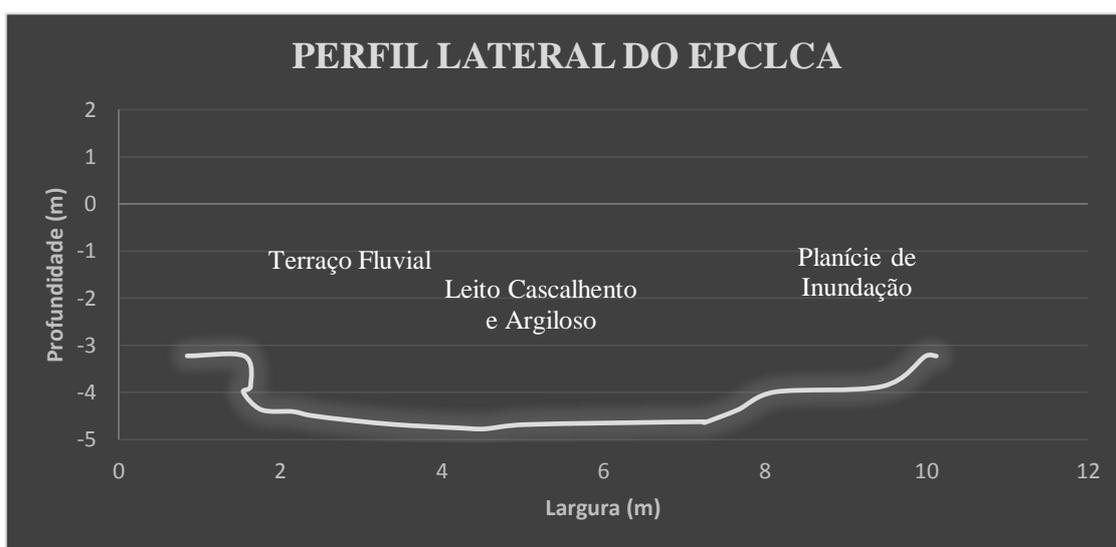


Fonte: Trabalho de campo (agosto, 2018). Acervo do Autor.

Conforme é visto na figura 37, o canal possui fluxo, terraço fluvial do lado esquerdo e planície de inundação com barras laterais do lado esquerdo, contudo a extração de areia altera completamente as características desse estilo numa faixa de aproximadamente 300 m.

Essa morfologia é expressada de forma quantitativa no perfil lateral (Figura 37).

Figura 37 - Perfil Lateral do EPCLCA.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O ambiente fluvial possui 8,5 m de largura, com 1,5 m de profundidade. Assim, é considerado um canal estreito confinado na margem esquerda e não confinado na margem direita. O fato de esse canal não ser largo é que seu substrato é composto por depósitos fluviais, o que permite que o canal tenha competência de escavar o leito, pois esse estilo ainda sofre influência da entrada de energia advinda do Rio do Peixe mais à montante, que é dispersada superficialmente pelo ENCLRC, que possui leito rochoso.

Contudo, a retirada de areia exuma as águas armazenadas da zona hiporreica, acelerando sua perda através da evaporação, diminuindo as reservas subsuperficiais desse estilo e modificando sua dinâmica natural (Figura 38).

Figura 38 - Foto 2 do EPCLCA.



Fonte: Trabalho de campo (agosto, 2018). Acervo do Autor.

Entretanto, após a faixa da extração de areia o canal começa a se reorganizar com menor quantidade de água, já que é represado por um pequeno barramento artificial construído com areia da extração sem nenhum ordenamento.

Com menor quantidade de energia e mais material sedimentar (sedimentos arenosos provenientes da extração), o canal reorganiza seu sistema na busca por um novo equilíbrio, apresentando unidades não identificadas antes do impacto antrópico, como barras arenosas. (Figura 39).

Figura 39 - Foto 3 do EPCLCA.



Fonte: Trabalho de campo (agosto, 2018). Acervo do Autor.

Como visto na figura 39, o canal reorganiza seu sistema ajustando-se às novas condições de energia e matéria no sistema, formando barras arenosas no meio do leito (mais largo) e com presença de seixos e cascalhos na zona do talvegue fluvial. Também ocorrem ressurgências de águas da zona hiporreica em desníveis naturais do ambiente fluvial.

Nessa perspectiva, o areeiro altera completamente a estrutura e funcionamento do sistema fluvial do EPCLCA, que após a interferência antrópica, começa a se reabilitar, frente às condições atuais de energia e matéria.

O Quadro 7 possui todas as informações necessárias sobre esse EPCLCA.

Tabela 9 - Matriz do EPCLCA.

MATRIZ DE ESTILOS FLUVIAIS – ESTILO PARCIALMENTE CONFINADO DE LEITO CASCALHENTO E ARGILOSO (EPCLCA)	
CARACTERÍSTICAS FLUVIAIS	
Configuração do Vale	Parcialmente confinado
Configuração em Planta	Irregular
Textura de Materiais de Leito e Margem	Leito – Cascalhento e argiloso Margens Argilo-siltosas
Unidades Geomórficas	Terraços fluviais Barra arenosa Planície de inundação Argilo-Siltosa
Vegetação associada	Arbórea arbustiva
CONTROLES	
Bacia à Montante	Área de transporte de sedimentos
Unidade de Paisagem	Superfície Aplainada de Agradação
Zona Processual	Deposição
Morfometria do Vale	8,5 m de largura e 1,5 m de profundidade
Declive do Vale	5,5 %
Competência do Fluxo	Intermediária
Intervenção Antrópica	Extração de areia

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Em relação à resistência das margens, considerando a área que não é afetada pelo areeiro, ela possui textura argilo-siltosa tanto na planície quanto no terraço, com cobertura de vegetação arbóreo arbustiva, o que implica dizer que suas margens são estáveis.

Conclui-se que no Alto Rio Piranhas foi identificado 7 estilos fluviais, distribuídos em 3 unidades de paisagem da bacia hidrográfica. Entretanto, cada estilo fluvial apresentou forma singular, de acordo com os elementos que compunham suas variáveis de análise.

Sendo assim, na perspectiva de correlacionar os estilos fluviais identificados com o grau de degradação de margens que cada um possui, os estilos fluviais EPCAC, ECLR, ECLCA, ENCLRC, EPCLCA possuem margens estáveis, ou seja, 5 dos 7 estilos fluviais estão em boas condições de funcionamento, sem degradação acentuada.

Tais estilos apresentam geralmente em sua morfologia e texturas margens rochosas e argilo-siltosas, com predominância de vegetação arbórea-arbustiva, que funcionam como elementos de resistência aos processos meteóricos.

Entretanto, os estilos fluviais EPCLRA e ENCLA apresentaram-se como degradados, com margens sofrendo processos erosivos e de remoção de material, onde o principal fator de impacto é relacionado à interferência antrópica nos ambientes fluviais. Nessa perspectiva, o desmatamento e deposição de lixo no EPCLRA causa a exposição das margens aos processos erosivos, como também, a prática de deposição de lixo é responsável pela poluição do ambiente fluvial.

É importante salientar que o estilo EPCLCA só é considerado estável até antes do contato com o areeiro, que altera drasticamente o comportamento fluvial, que precisa de dezenas de metros para começar a recompor-se.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como o objetivo do trabalho foi de identificar e caracterizar os estilos fluviais e a resistência de suas margens, foi possível identificar 7 estilos fluviais, distribuídos na bacia de acordo com as características morfológicas, processuais e de textura nos ambientes fluviais. Sendo assim, a relação dos elementos constituintes de cada estilo fluvial é responsável por suas morfologias, gerando assim, estilos heterogêneos dentro da bacia hidrográfica do Alto Rio Piranhas (PB).

A compreensão do comportamento fluvial nessa área pode ser base para análise em bacias semelhantes, já que este trabalho tratou a temática a partir dos fatos levantados em laboratório e campo, em uma constante busca pela explicação da realidade do sistema fluvial semiárido sem adaptações para o ambiente.

A metodologia de estilos fluviais (*River Styles*) que consiste numa dissecação da bacia através do aumento da escala na caracterização física da bacia, identificação dos trechos fluviais, identificação das unidades geomórficas e textura do material, faz com que o comportamento de cada trecho homogêneo dentro de uma bacia heterogênea seja identificado e compreendido, sem que haja a necessidade de visita em todo o perímetro fluvial, já que os trechos homogêneos em elementos da paisagem possuem processos e formas semelhantes.

De forma sintética, os objetivos estipulados foram alcançados, servindo de base para trabalhos futuros, numa perspectiva comparativa, considerando que o Eixo Norte da Transposição do São Francisco está na sua fase final, o que irá alterar as condições e comportamento do sistema fluvial ambiental semiárido do Alto Rio Piranhas.

A transposição do rio São Francisco acarretará em profundas alterações na dinâmica intermitente do Alto Piranhas, contudo, a necessidade hídrica para a região é de fundamental importância, onde o principal açude do Alto Piranhas (Eng. Ávidos), receberá volumes de água suficiente para perenizar artificialmente o canal.

Futuramente, pretende-se a análise da bacia do Alto Rio Piranhas através de diferentes perspectivas, principalmente, dentro da linha de fragilidade ambiental, no intuito de identificar as áreas com potencial erosivo e qual a interferência disso nos ambientes fluviais.

8. REFERÊNCIAS

- AB´SABER, A. A transposição de águas do São Francisco: análise crítica. Revista USP. São Paulo, n.º. 70, pág. 6 – 13. 2006.
- ACHMIDT, D. Dinâmica dos regimes de precipitação e vazão da bacia hidrográfica do Alto Piranhas-Açu / PB. Sociedade e Território. Natal, v. 25, n.º 2, EDIÇÃO ESPECIAL, p. 67-77, jul./dez. 2013.
- ALVES, A. Degradação da Caatinga: Uma investigação Ecogeográfica. Revista Caatinga, v. 22, n. 3. Universidade Federal do Semi-árido. Mossoró, Brasil.
- ANA. Plano de Recursos Hídricos da bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açu. Brasília. 2014.
- ARAÚJO, J. As barragens de contenção de sedimentos para conservação de solo e água no semi-árido. In: Tecnologias Apropriadas para Terras Secas. Fundação Konrad Adenauer e Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). Fortaleza, Ceará. 2006.
- 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. Elsevier Science Ltd. 2002.
- BRIERLEY, G; FRYIRS, K; CLAIRE, G. Abordagens de restauração fluvial na Austrália. In: BAPTISTA, M; PÁDUA, V. Organização e Edição. RESTAURAÇÃO DE SISTEMAS FLUVIAIS. Barueri, SP. Editora Manole. 2016.
- BRIERLEY, G. E FRYIRS, K. - 2000. River styles, a Geomorphic Approach to Catchment Characterization: Implications for River Rehabilitation in Bega Catchment, New South Wales, Australia. 2000.
- BAPTISTA, M; PÁDUA, V. Organização e Edição. RESTAURAÇÃO DE SISTEMAS FLUVIAIS. Barueri, SP. Editora Manole. 2016.
- CASTROI, W. MIGRAÇÃO DOS MEANDROS DO BAIXO CURSO DO RIO CLARO, GOIÁS: PROCESSOS E FATORES CONTROLADORES. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Goiás. Goiânia. 150 pág. 2015.

CAVALCANTI, C. L. Cartografia de Paisagens: fundamentos. São Paulo. Oficina de Texto, 2014.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise de Sistemas em Geografia. Editora HUCITEC. Universidade de São Paulo. São Paulo. 1979.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. São Paulo. Editora Edgard Blücher. 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia fluvial. São Paulo. Editora Edgard Blücher. 1981.

CUNHA, S. Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA, A. e CUNHA, S. Geomorfologia: UMA ATUALIZAÇÃO DE BASES E CONCEITOS. Bertrand Brasil. 3º Ed. Rio de Janeiro. 1998.

GREGORY, K, J. A natureza da Geografia Física. Bertrand Brasil S.A. Rio de Janeiro, Brasil. 1992.

HUGGET, R. A history of the systems approach in geomorphology. Regards croisés sur l'histoire et l'espistémologie de la géomorphologie. Vol. 13, nº. 2. 2007.

JAPIASSÚ, A. Fenologia de quatro espécies arbóreas da Caatinga no Semiárido paraibano. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. v. 11, n. 4, p. 34 – 43, out –dez, 2016.

KLEINA, M. Estilos fluviais do rio sagrado (Morretes/PR): Análise comparativa dos anos de 2006 e 2011. Monografia. 60f. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2013.

LOIOLA, M. Caatinga: Vegetação do semiárido brasileiro. Revista ecologia. Artigos de Divulgação. 2012.

MAIA, Rachel de S. Identificação e caracterização dos estilos fluviais da Bacia do Riacho do tigre – PB. Monografia. Universidade Federal da Paraíba. 2016. 33 p.

MALTCHICK, L. Ecologia de rio intermitentes tropicais. Grupo Ecologia de Rios do Semi-Árido. Departamento de Sistemática e Ecologia, Universidade Federal da Paraíba, Paraíba. 1999.

MARENGO, José A., et al. "Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro." Medeiros SS, Gheyi HR, Galvão CO, Paz VPS, organizadores. Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas28.. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido (2011): 384-422.

MATTOS, S. E PERES FILHO. A. Complexidade e estabilidade em sistemas geomorfológicos: uma introdução ao tema. Revista Brasileira de Geomorfologia, nº 5, pág. 11 – 18.

MELLO, E. ALTERAÇÕES TECNOGÊNICAS EM SISTEMAS FLUVIAIS NO MUNICÍPIO DE VOLTA REDONDA, MÉDIO VALE DO PARAÍBA DO SUL FLUMINENSE. Tese (Mestrado). 178 f. universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2006.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. RIMA – Relatório de Impacto Ambiental. Projeto de Integração do rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Sententrional. Governo Federal. Julho, 2004.

NAGHETTINI, M. Introdução á hidrologia. IN: BAPTISTA, M; PÁDUA, V. Restauração de ambientes fluviais. Editora Manole Ltda. Barueri, SP. 2016.

NETO. F. A.S. Diferentes formas de abastecimento de água na região semiárida da bacia do rio Paraíba. Dissertação (Mestrado). Pág. 127. Universidade Federal da Paraíba. PRODEMA. 2017.

NEVES, C. A experiência internacional com projetos de transposição de águas - lições para o do rio São Francisco. XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. A Engenharia de Produção e o Desenvolvimento Sustentável: Integrando Tecnologia e Gestão. Salvador. 2009.

PEIXOTO, M. Identificação de estilos fluviais de rios em bacias de drenagem inseridas em compartimentos de colinas – médio vale do Rio Paraíba do Sul (RJ). Revista de Geografia. UFPE. Recife. In: VIII SINAGEO, n 3, Recife. 2010.

PHILLIPS, J. Changes, perturbations, and responses in geomorphic systems. Progress in physical Geography. KENTUCKY UNIVERSITY. 2009.

ROCHA, P. C. Morfogênese e conectividade em ambientes fluviais do Alto Rio Paraná, Centro-Sul do Brasil. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia; Geomorfologia tropical e subtropical: processos, métodos e técnicas. Goiânia. 2006.

ROSGEN, D. A classification of natural rivers. ELSEVIER. CATENA. 1994.

SANTOS, A. Análise dos estilos fluviais e da capacidade de ajuste do Alto Curso do Rio Paraíba - PB. 2017. Monografia. Universidade Federal da Paraíba. 89 folhas. João Pessoa, PB. 2017.

SANTOS, C. Análise dos índices de extremos para o semi-árido do Brasil e suas relações com o TSM e IVDN. Revista Brasileira de Meteorologia. v.22, n.3, 303-312. 2007.

SANTOS, J. Avaliação da salinização de açudes no semi-árido brasileiro POR ICP-AES. Departamento de Ciências Naturais - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB - Estrada do Bem Querer km 4 - 45100-000 - Vitória da Conquista – BA. 2000.

SILVA, D. Caracterização morfológica e dinâmica ambiental das marmitas (weathering pit) no Distrito de Fazenda Nova, Pernambuco – Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Geomorfologia. v. 18, nº 2. 2017.

SILVA, J. Investigação da dinâmica dos processos hidrológicos e sedimentológicos em escala de parcela no semiárido de Pernambuco. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco. 2015. 129 folhas. Recife. 2015.

SILVA, P. C. G. da; MOURA, M. S. B. de; KIILL, L. H. P.; BRITO, L. T. de L.; PEREIRA, L. A.; SA, I. B.; CORREIA, R. C.; TEIXEIRA, A. H. de C.; CUNHA, T. J. F.; GUIMARÃES FILHO, C. Caracterização do semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. In: EMBRAPA Semiárido. Petrolina, 2010.

SOAR, P.; WALLERSTEIN, N. P.; THORNE, C. R. Quantifying River Channel Stability at the Basin Scale. Water. 2017.

SOBRAL, P. M.; SILVA, G. V.; SILVA, W. M. A.; SOARES, W. A. 2010. Comparação Entre Barragens Subterrâneas e Superficiais. XVI Congresso Brasileiro de

Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços, Pernambuco - PE.

SOUZA, J. Sistema fluvial e planejamento local no semiárido. Revista Mercator. 2012.

SOUZA, J. Dos Sistemas ambientais ao sistema fluvial – uma revisão de conceitos. Caminhos da Geografia. v. 14, n. 46, p. 224 - 233. Uberlândia. 2013.

SOUZA, J. Modelos de evolução da dinâmica fluvial em ambiente semiárido – bacia do Riacho do Saco, Serra Talhada, Pernambuco. 2014. Tese de Doutorado. 191 folhas. Universidade Federal de Pernambuco. 2014.

SOUZA, J. Processos fluviais em terras secas: uma revisão. Revista OKARA. v. 9, n. 1, p. 108 – 122. João Pessoa. 2015.

STOLF, R. Transposição do Rio São Francisco para o Nordeste Semiárido do Brasil: Dados Técnicos, Impactos Ambientais e Enquete Sobre o volume Transposto. IX Congresso Latino americano Y Del Caribe de Ingeniería Agrícola – CLIA 2010.

SUTFIN, N. A. Geomorphology. A geomorphic classification of ephemeral channels in a mountainous, arid region, southwestern Arizona, USA. 2014.

TURRA, A. Avaliação de impacto ambiental sob uma abordagem ecossistêmica: ampliação do porto de São Sebastião. Ambiente e Sociedade. São Paulo. v. XX, n. 3, pág. 159 – 178, jul. – set. 2017.

VICENTE, L. Abordagem sistêmica e Geografia. Geografia. v.8, n. 3, p. 323 – 344. Rio Claro. 2003.

XXXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA 2010. Vitória – ES, Brasil, 25 a 29 de julho 2010. 2010.