UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
FACULDADE DE CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

LUANA RODRIGUES DE CARVALHO

CORREDOR FLUVIAL DO RIO PARAGUAI ENTRE A FOZ DO RIO CABAÇAL E A CIDADE DE CÁCERES – MATO GROSSO: FEIÇÕES MORFOLÓGICAS E O APORTE DE SEDIMENTOS

CÁCERES - MT
2019

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
FACULDADE DE CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

LUANA RODRIGUES DE CARVALHO

CORREDOR FLUVIAL DO RIO PARAGUAI ENTRE A FOZ DO: RIO CABAÇAL E A CIDADE DE CÁCERES – MATO GROSSO FEIÇÕES MORFOLÓGICAS E O APORTE DE SEDIMENTOS

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Geografia para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Profa. Dra. Celia Alves de Souza

CÁCERES - MT
2019

Luiz Kenji Umeno Alencar CRB 1/2037

CARVALHO, Luana Rodrigues de.
C331c Corredor Fluvial do Rio Paraguai entre a Foz do Rio Cabaçal e a Cidade de Cáceres–Mato Grosso: Feições Morfológicas e o Aporte de Sedimentos / Luana Rodrigues de Carvalho – Cáceres, 2019.
152 f.; 30 cm. (ilustrações) Il. color. (sim)

Trabalho de Conclusão de Curso (Dissertação/Mestrado) – Curso de Pós-graduação Stricto Sensu (Mestrado Acadêmico) Geografia, Faculdade de Ciências Humanas, Câmpus de Cáceres, Universidade do Estado de Mato Grosso, 2019.
Orientador: Célia Alves de Souza

1. Feições Fluviais. 2. Aspectos Ambientais. 3. Hidrodinâmica. I. Luana Rodrigues de Carvalho. II. Corredor Fluvial do Rio Paraguai entre a Foz do Rio Cabaçal e a Cidade de Cáceres–Mato Grosso: Feições Morfológicas e o Aporte de Sedimentos: .

CDU 556.536(817.2)

LUANA RODRIGUES DE CARVALHO

CORREDOR FLUVIAL DO RIO PARAGUAI ENTRE A FOZ DO RIO CABAÇAL E A CIDADE DE CÁCERES – MATO GROSSO: FEIÇÕES MORFOLÓGICAS E O APORTE DE SEDIMENTOS.

Essa dissertação foi julgada e aprovada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Cáceres, 08 de novembro de 2019.

Banca examinadora

Profa. Dra. Celia Alves de Souza
Orientadora
Universidade do Estado de Mato Grosso (Unemat)

Profa. Dra. Sandra Baptista da Cunha
Avaliadora Interna
Universidade Federal Fluminense (UFF)

Prof. Dr. João Batista Pereira Cabral
Avaliador Externo
Universidade Federal de Goiás (UFG)

CÁCERES – MT
2019

DEDICATÓRIA

À memória de meu avô, Jair Luna de Carvalho, e à memória de meu primo irmão, José Carlos da Silva Pereira, que partiram para junto de Deus durante a minha trajetória no mestrado, e, do céu, me deram forças para não desistir.

AGRADECIMENTOS

Sou imensamente grata a Deus pela vitalidade, saúde, discernimento e pelo conforto nos momentos mais difíceis enfrentados durante esta jornada longe de tudo e de todos que estava habituada a viver.

Aos meus amados pais, Genildo Luna de Carvalho e Cleide Rodrigues P. de Carvalho, que estão na torcida por mim sempre e me ajudam constantemente. Meu muito obrigada à educação que me deram, por todas as orações e incentivos. Ao meu irmão, Lucas Rodrigues de Carvalho, por todo apoio e carinho. Ao meu melhor amigo e noivo, Alexandre R. Ordakowski, que muito me motiva e, mesmo com a distância, se mostra muito presente na minha vida, meu muito obrigada por todo amor, paciência e risadas.

Aos meus professores da graduação, principalmente a Leila Nalis Paiva da Silva Andrade, Gustavo Roberto dos Santos Leandro e Alfredo Zeném Dominguéz Gonzaléz, que muito me apoiaram e incentivaram a fazer o mestrado.

Aos amigos e colegas do Laboratório de Pesquisas e Estudos em Geomorfologia Fluvial (LAPEGEOF), que tive o prazer de conhecer e criar laços afetivos. Meu muito obrigada pela amizade que levarei para a vida toda, Antonia Farias, Sebastião Júnior, Thales Lima, Willian Cosme, Maxsuel Santana, Cristiane Lima, Vinícius Neves, Carolina Tavares e Graziele Souza, em especial aos quatro primeiros pela ajuda nas atividades de campo e ao Josiel Dorriguette por ter se disponibilizado a fazer o sobrevoo na área de estudo por meio de seu drone, parte das fotos incríveis que compõem esta dissertação são graças a você, muito obrigada.

Agradeço imensamente à Antonia Farias, que se tornou uma grande amiga e que muito me ajudou estando presente no meu dia a dia.

À Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), pelo apoio logístico por meio do Laboratório de Pesquisa e Estudos em Geomorfologia Fluvial. Agradeço também ao acordo firmado entre a Fundação de Amparo à Pesquisa de Estado de Mato Grosso (FAPEMAT) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de mestrado.

Também agradeço a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO), da UNEMAT, por terem proporcionado a adição de conhecimento na minha caminhada pela Geografia.

Não poderia deixar de agradecer aos professores Sandra Baptista da Cunha e João Batista Pereira Cabral, por terem aceitado participar da minha banca de qualificação e defesa, meu muito obrigada pela atenção e por suas contribuições.

Por fim, deixo meu agradecimento especial à minha orientadora professora Celia Alves de Souza, pela orientação, ensinamentos, atenção, incentivo e pela fundamental ajuda nas atividades de campo. Meu muito obrigada por ter me instruído durante esta caminhada crucial para a minha vida, professora.

Tenho a impressão de ter sido uma criança brincando à beira-mar, divertindo-me em descobrir uma pedrinha mais lisa ou uma concha mais bonita que as outras, enquanto o imenso oceano da verdade continua misterioso diante de meus olhos.

Isaac Newton

SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS XI
LISTA DE TABELAS XII
LISTA DE QUADROS XIII
LISTA DE FIGURAS XIV
RESUMO XVII
ABSTRACT XVIII

CAPÍTULO I

1. **INTRODUÇÃO** 19

CAPÍTULO II

2. **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA** 24
2.1. Espaço Geográfico 24
2.1.2. O estudo da paisagem e a abordagem sistêmica 25
2.2. Geomorfologia fluvial 28
2.3. Dinâmica dos sistemas fluviais 29
2.3.1. Processos do ciclo hidrossedimentológico 31
2.4. Fisiografia fluvial: enfoque ao padrão meandrante 34
2.5. Planície de inundação e geoformas associadas 37
2.6. A importância da mata ciliar 39

CAPÍTULO III

3. **MATERIAIS E MÉTODOS** 42
3.1. Trabalho de gabinete 42
3.1.1. Elaboração do referencial teórico e levantamento das características ambientais 42
3.1.1.1. Confecção da base cartográfica 43
3.1.1.2. Cálculo do índice de sinuosidade 44
3.1.1.3. Análise da vazão 45
3.1.1.4. Carga de sedimentos em suspensão 45
3.1.2. Trabalho de campo 46
3.1.2.1. Monitoramento das variáveis hidrodinâmicas 48
3.1.2.2. Coleta de sedimentos de fundo e suspensão 50
3.1.2.3. Aquisição de fotografias aéreas 52
3.1.3. Técnicas de laboratório 52

3.1.3.1. Método de pipetagem (dispersão total) 52
3.1.3.2. Peneiramento 54
3.1.3.3. Evaporação total 55

CAPÍTULO IV

4. **RESULTADOS E DISCUSSÃO** 56
4.1. Breve histórico de ocupação 56
4.2. Características ambientais da área de estudo 57
4.2.1. Geologia / Geomorfologia 57
4.2.2. Clima 58
4.2.3. Tipos de solos / Vegetação 61
4.3. Características do corredor fluvial 64
4.3.1. Padrão de canal e processos associados 65
4.3.2. Feições morfológicas 69
4.3.3. Compartimento I 73
4.3.4. Compartimento II 82
4.3.5. Compartimento III 88
4.3.6. Compartimento IV 93
4.4. Hidrodinâmica e aporte de sedimentos 98
4.4.1. Seções transversais realizadas no rio Paraguai 99
4.4.2. Seções transversais realizadas nas baías da planície leste 109
4.4.3. Análise longitudinal dos dados obtidos 127

5. **CONSIDERAÇÕES FINAIS** 136

6. **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS** 140

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
APP	Área de Preservação Permanente
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior
CPRM	Companhia de Pesquisas em Recursos Minerais
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAPEMAT	Fundação de Amparo à Pesquisa de Estado de Mato Grosso
GPS	Sistema de Posicionamento Global
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LAPEGEOF	Laboratório de Pesquisa e Estudos em Geomorfologia Fluvial
MP	Milhões de pixels
NTU	Unidades Nefelométrica de Turbidez
PPGGEO	Programa de Pós-Graduação em Geografia
PCHs	Pequenas Centrais Hidrelétricas
RPA	Aeronave Remotamente Pilotada
SD	Secure Digital
SEPLAN	Secretaria de Estado de Planejamento de Mato Grosso
SIG	Sistema de Informação Geográfica
ST	Seção transversal
UHEs	Usinas Hidrelétricas
UNEMAT	Universidade do Estado de Mato Grosso

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 Feições morfológicas mapeadas referente a imagem do ano de 2018..... 70

Tabela 02 Variáveis hidrodinâmicas e sólidos em suspensão de todas as seções..... 102

Tabela 03 Variáveis hidrodinâmicas e sólidos em suspensão nas seções transversais realizadas no rio Paraguai..... 103

Tabela 03 Granulometria dos sedimentos de fundo das seções transversais realizadas no rio Paraguai..... 103

Tabela 04 Variáveis hidrodinâmicas e sólidos em suspensão nas seções transversais realizadas nas baías inseridas na planície leste..... 110

Tabela 05 Granulometria dos sedimentos de fundo nas seções transversais realizadas nas baías..... 111

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 Variáveis de acordo com o padrão de canal..... 35

Quadro 02 Elementos de interpretação visual utilizados no mapeamento das feições morfológicas..... 43

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 Localização geográfica da área de estudo..... 22
Figura 02 Trajetória de partículas sólidas no ciclo hidrossedimentológica..... 32
Figura 03 Características de curvas meandrantes..... 36
Figura 04 Ilustração de diferentes Índices de sinuosidade..... 45
Figura 05 Localização das seções transversais..... 47
Figura 06 (A) Ecobatímetro GARMIN echo 301c. e (B) GPS GARMIN map 64..... 48
Figura 07 Molinete fluviométrico..... 49
Figura 08 Ilustração da coleta dos sedimentos de fundo..... 50
Figura 09 (A) Garrafa de *Van Dorn* e (B) turbidímetro..... 51
Figura 10 (A) Estufa TE–394/2; (B) Cadinho e pistilo; (C) Balança analítica..... 53
Figura 11 (A) Conteúdo em repouso; (B) Agitador de Wagner; (C) Provetas com sedimentos para pipetagem..... 54
Figura 12 Agitador de peneiras eletromagnético..... 55
Figura 13 Base para o Índice de Sinuosidade do canal principal..... 66
Figura 14 Feições morfológicas no corredor fluvial..... 70
Figura 15 Croqui mostrando o corredor fluvial dividido em quatro compartimentos..... 72
Figura 16 Feições morfológicas no compartimento I..... 74
Figura 17 Antigo canal pertencente ao baixo curso do rio Cabaçal..... 77
Figura 18 Residências na margem oeste da Lagoa L50..... 79
Figura 19 Feições morfológicas no compartimento II..... 83
Figura 20 Meandros abandonados na planície de inundação leste..... 84
Figura 21 Croqui com a localização de Cáceres e do rio Paraguai na Placa Sul..... 85
Figura 22 Feições morfológicas no compartimento III..... 89
Figura 23 (A) Praia do Julião e (B) contenção por enrocamento..... 90
Figura 24 Características altimétricas da ilha da baía Comprida..... 92
Figura 25 Feições morfológicas no compartimento IV..... 94

Figura 26 (A) Baía do Iate e (B) Área urbana de Cáceres..... 95
Figura 27 Área com intensa deposição de sedimentos na planície de inundação leste..... 96
Figura 28 Seção transversal 01 - confluência do rio Cabaçal no rio Paraguai..... 100
Figura 29 Características da vegetação ciliar da seção transversal 01 e (B) área desmatada na margem esquerda do rio Paraguai..... 101
Figura 30 Barraco de pescador na margem direita do rio Paraguai..... 105
Figura 31 Localização das ST03 e ST04 no rio Paraguai..... 106
Figura 32 (A) Vista para a ponte Marechal Rondon e (B) Porto de carga e descarga..... 107
Figura 33 (A) Barra de sedimentos emersa no período de cheia e barraco de apoio de pescadores e (B) canal estreito e vegetação ciliar preservada..... 108
Figura 34 (A) Localização das ST01 e ST02 e (B) Aspectos da entrada da baía BA4..... 113
Figura 35 Localização das ST03, ST04 e ST05..... 114
Figura 36 Vegetação ciliar encharcada pelo transbordamento da baía Comprida..... 115
Figura 37 (A) Erosão por solapamento basal e (B) Presença de gado na planície de inundação..... 116
Figura 38 Localização das ST08 e ST09..... 118
Figura 39 (A) Inundação nas proximidades da saída da baía e (B) macrófitas aquáticas na saída da baía Comprida..... 119
Figura 40 Localização das ST08 e ST09..... 123
Figura 41 Área urbanizada na margem esquerda da baía do Malheiros..... 125
Figura 42 (A) Barcos e canoas na área permitida para subir e descer embarcações de pequeno porte e (B) Embarcações de maior porte ancoradas à margem esquerda da baía do Malheiros..... 126
Figura 43 Fragmentos grossos e material tecnogênico capturados pelo amostrador de mandíbulas..... 127

Figura 44 Velocidade média do fluxo nas seções transversais..... 129
Figura 45 Vazão média nas seções transversais..... 130
Figura 46 Volume pluviométrico dos 21 dias anterios à atividade de campo do mês de janeiro de 2019..... 132
Figura 47 Descarga sólida em suspensão nas seções transversais..... 133

RESUMO

A preocupação com os sistemas fluviais aumentou nos últimos anos, uma vez que os rios, unidades sensíveis da paisagem, têm sido alvos principais de perturbações. O corredor fluvial (calha e planície) do rio Paraguai possui relevante importância, pois este rio carreia água e sedimentos para o Pantanal, sendo considerado o rio tronco deste bioma. A presente pesquisa teve como objetivo caracterizar as feições morfológicas e o comportamento da dinâmica fluvial no corredor fluvial do rio Paraguai, no segmento entre a foz do rio Cabaçal e a cidade de Cáceres – Mato Grosso. Para o desenvolvimento do trabalho foram necessárias as seguintes etapas: atividade de gabinete (pesquisa teórica, levantamento das características ambientais, elaboração da base cartográfica, utilização de fórmulas para o cálculo do índice de sinuosidade, área das seções transversais, vazão e descarga sólida em suspensão, tabulação dos dados e redação da dissertação); trabalhos de campo (batimetria e velocidade do fluxo, coleta de amostras de sedimentos de fundo e suspensão nas seções transversais); etapa laboratorial (método de evaporação total, dispersão total e peneiramento). Na área de estudo verifica-se diferentes tipos de uso, dentre eles destaca-se a urbanização na margem esquerda do rio Paraguai, acampamentos nas margens e a navegação de embarcações de pequeno porte por pescadores e turistas. O levantamento das características ambientais permitiu identificar as inter-relações entre os componentes naturais do corredor fluvial (geologia, geomorfologia, clima, solos e vegetação). O rio Paraguai apresentou o padrão de canal meandrante e foram identificadas diversas feições morfológicas no canal e em sua planície (15 baías, 160 lagoas, 28 bacias de decantação, 12 ilhas, 140 barras laterais, 27 barras submersas, 4 barras centrais, 29 cordões marginais e 10 diques), que foram impressas na paisagem por intermédio da dinâmica fluvial em consonância com o regime hídrico. Referente aos dados hidrodinâmicos e sedimentos suspensos foi possível identificar que conforme a vazão aumenta a descarga sólida em suspensão comporta-se da mesma forma, sendo a ST04, realizada no rio Paraguai a que apresentou os maiores valores no período de cheia, com vazão de 1.183,99 m^3/s e 3.273,49 t/dia de descarga sólida suspensa e a ST06, localizada na saída da baía Comprida, foi a que registrou a menor vazão, 0,19 m^3/s, e a menor descarga sólida em suspensão, 0,49 t/dia, no período de estiagem. Os sedimentos de fundo encontrados nas seções transversais mostraram a predominância de areia fina e média na maioria das seções, estando associado a competência de transporte de sedimentos do rio Paraguai, o que contribui para a formação das feições positivas no período de estiagem.

Palavras-chave: feições fluviais, aspectos ambientais, hidrodinâmica.

ABSTRACT

Concern about river systems has increased in recent years as rivers, sensitive landscape units, have been a major source of disturbance. The fluvial corridor (gutter and plain) of the Paraguay River has relevant importance, since this river carries water and sediments to the Pantanal, being considered the trunk river of this biome. This research aimed to characterize the morphological features and the behavior of the river dynamics in the Paraguay river corridor, in the segment between the Cabaçal river mouth and the city of Cáceres - Mato Grosso. For the development of the work, the following steps were necessary: cabinet activity (theoretical research, survey of environmental characteristics, preparation of the cartographic basis, use of formulas for calculating the sinuosity index, cross-sectional area, flow and solid discharge in suspension). , data tabulation and dissertation writing); field work (bathymetry and flow velocity, bottom sediment sampling and cross-section suspension); laboratory stage (total evaporation method, total dispersion and sieving). In the study area there are different types of use, among them the urbanization on the left bank of the Paraguay River, camps on the banks and the navigation of small boats by fishermen and tourists. The survey of environmental characteristics allowed us to identify the interrelationships between the natural components of the river corridor (geology, geomorphology, climate, soil and vegetation). The Paraguay River presented the meandering channel pattern and several morphological features were identified in the channel and its plain (15 bays, 160 lagoons, 28 settling basins, 12 islands, 140 lateral bars, 27 submerged bars, 4 central bars, 29 cords and 10 dykes), which were printed on the landscape through river dynamics in line with the water regime. Regarding the hydrodynamic data and suspended sediments it was possible to identify that as the flow increases the solid discharge in suspension behaves the same way, with the ST04, held in the Paraguay River, which presented the highest values during the flood period, with flow of 1.183,99 m^3/s and 3.273,49 t/day of suspended solid discharge and ST06, located at the exit of Comprida bay, was recorded the lowest flow rate, 0,19 m^3/s, and the lowest suspended solid discharge, 0,49 t/day, during the dry season. The bottom sediments found in the cross sections showed the predominance of fine and medium sand in most sections, being associated with the competence of sediment transport of the Paraguay River, which contributes to the formation of positive features in the dry season.

Keywords: river features, environmental aspects, hydrodynamics.

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

O recorte espacial de análise compreende o corredor fluvial do rio Paraguai, ou seja, o ambiente composto pela calha do rio e sua planície de inundação, no segmento entre a foz do rio Cabaçal e a cidade de Cáceres – Mato Grosso. Em termos de bacia hidrográfica a área de estudo encontra-se inserida na bacia do Alto Paraguai.

O rio Paraguai percorre o bioma Pantanal e é um dos principais rios do Brasil, é integrante da bacia hidrográfica do Prata, a segunda maior da América do Sul e a quinta maior bacia do mundo (CLARKE *et al.*, 2003). Souza (2004) argumenta que o rio mencionado percorre uma vasta área de planície e, devido à sua forma de anfiteatro, a bacia do Paraguai pode ser considerada como uma grande bacia de recepção de águas e sedimentos.

Os rios, segundo Christofoletti (1980), são canais de escoamento fluvial integram ao ciclo hidrológico e a alimentação dos mesmos se dá por meio das águas superficiais e subterrâneas. Os rios possuem uma dinâmica natural onde os processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos são definidos pela distribuição da velocidade e turbulência do fluxo dentro do leito fluvial e se alternam no transcorrer do tempo e do espaço (CUNHA, 2013).

Essa dinamicidade em consonância com a alternância do nível da água durante o período de estiagem e de cheia influi na formação de diversas feições morfológicas no canal principal e em sua planície adjacente (SOUZA, 2004).

Entre essas feições estão: as baías que são áreas deprimidas que contém água e delineiam formas circulares ou irregulares; os braços correspondem a pequenos cursos, geralmente perenes, conectados ao rio principal; os meandros abandonados não possuem conexão direta com o curso de água principal; e os diques marginais constituem os bancos de sedimentos desenvolvidos na margem convexa do meandro (SOUZA; CUNHA, 2012).

O conjunto dessas formas e processos refletem a dinâmica de um sistema fluvial. Segundo Souza (2013), o sistema fluvial, tange a uma unidade sensível da paisagem, em razão disso, qualquer anomalia produto de perturbações gera alternâncias em sua dinâmica. Conforme Christofoletti (1980) e Stevaux e Latrubesse (2017) a geomorfologia fluvial enquanto campo de conhecimento da geomorfologia procura abordar estudos dos

sistemas fluviais em suas dimensões longitudinais, laterais, verticais, temporais, bem como os processos e formas relacionadas ao trabalho que os rios desenvolvem.

Para Cunha (2006), o conhecimento do histórico da ocupação de determinada área é crucial para estabelecer a relação entre o uso do solo, a carga de sedimentos e as possíveis respostas do canal. O conhecimento das mudanças ocorridas nos ambientes fluviais no passado, no presente e quais poderão proceder no futuro é imprescindível para a compreensão das formas dos canais e as interações dos processos recorrentes no mesmo.

O homem, enquanto ser social, influi nos processos fluviais com a edificação de cidades, atividades agropastoris, estradas e rodovias, instalação de barragens, navegação, canalização de canais fluviais, entre outras práticas. Devido ao impacto dessas mudanças do espaço físico se faz necessário obter maiores informações sobre a dinâmica dos sistemas fluviais, a capacidade de resiliência dos mesmos, os riscos possíveis, as alterações aceitáveis que repercutem direta ou indiretamente na calha dos rios e em suas planícies (SOUZA, 2004).

A bacia do Alto Paraguai é dotada de importância regional por sua singularidade ambiental, pois contempla os cursos de água que chegam ao rio Paraguai, o rio tronco do Pantanal, além de servir como fonte de água para o abastecimento urbano e como meio de transporte (hidrovia) para escoamento de diversos produtos (MACEDO, 2013). Porém, os diversos tipos de usos inadequados, como a urbanização às margens dos rios, o desmatamento e expansão da agropecuária, provocam alterações nos ambientes fluviais, podendo intensificar os processos erosivos, aumentando, consequentemente, a carga de sedimentos que chega aos cursos dos rios, causando o assoreamento destes.

Ferreira e Silva (2012) argumentam que os tipos de usos intensos recorrentes na bacia do Alto Paraguai têm despertado interesse no âmbito social, político e científico, e, por isso, pesquisas que abordem os ambientes fluviais do rio Paraguai são necessárias visando enfatizar a importância do mesmo e de seus afluentes. Leandro (2015), embasando-se no pressuposto de que o Pantanal se encontra ameaçado devido às atividades produtivas desenvolvidas na bacia do Alto Paraguai, ressalta que as pesquisas sobre a dinâmica fluvial são cruciais, pois são instrumentos importantes para o ordenamento territorial dos modos de produção.

Diante do exposto, vale destacar alguns trabalhos que tiveram como enfoque as feições morfológicas e a dinâmica fluvial (erosão, transporte e deposição de sedimentos), tais como: Lewin (1976) que estudou a evolução de leitos de canais fluviais de padrão meandrante; Lawler (1993) apresentou várias técnicas para mensurar a erosão das margens dos rios e as mudanças do canal de acordo com as escalas temporais de análise; Fernandez *et al.* (1993) que analisaram a evolução e as características de um conjunto de feições (ilhas) no rio Paraná, na região de Porto Rico, por meio de observação *in loco* e por fotografias aéreas, e o de França (2005) que avaliou o efeito da dinâmica sazonal do nível d'água do rio Amazonas sobre as feições morfológicas presentes na planície de inundação por intermédio de análise multi-temporal de diversas imagens de satélite com diferentes sensores.

No que diz respeito a estudos desenvolvidos no rio Paraguai ganham destaque os trabalhos de Silva *et al.* (2008a) que identificaram a planície fluvial do rio Paraguai, no trecho entre a cidade de Cáceres e a foz do rio Jauru, com características de padrão meandrante; Souza (2004) que diagnosticou mudanças nas feições morfológicas na planície do rio Paraguai no segmento entre a cidade de Cáceres e a Ilha de Taiamã – MT; Leandro (2015) que enfatizou os aspectos hidrossedimentológicos e a dinâmica ambiental em um trecho do rio Paraguai nas imediações da cidade de Cáceres; Silva *et al.* (2007a) que propuseram a compartimentação geomorfológica do rio Paraguai e identificaram no compartimento superior algumas feições morfológicas e Macedo (2013) que estudou a geomorfologia e a hidrossedimentologia da planície do rio Paraguai, próximo a cidade de Corumbá - MS.

A presente pesquisa é importante devido à sua relevância para a comunidade científica e leiga quanto ao conhecimento da dinâmica fluvial do corredor fluvial do rio Paraguai associada às suas feições morfológicas, servindo de subsídio para o manejo desse rio dotado de importância e para a realização de pesquisas futuras.

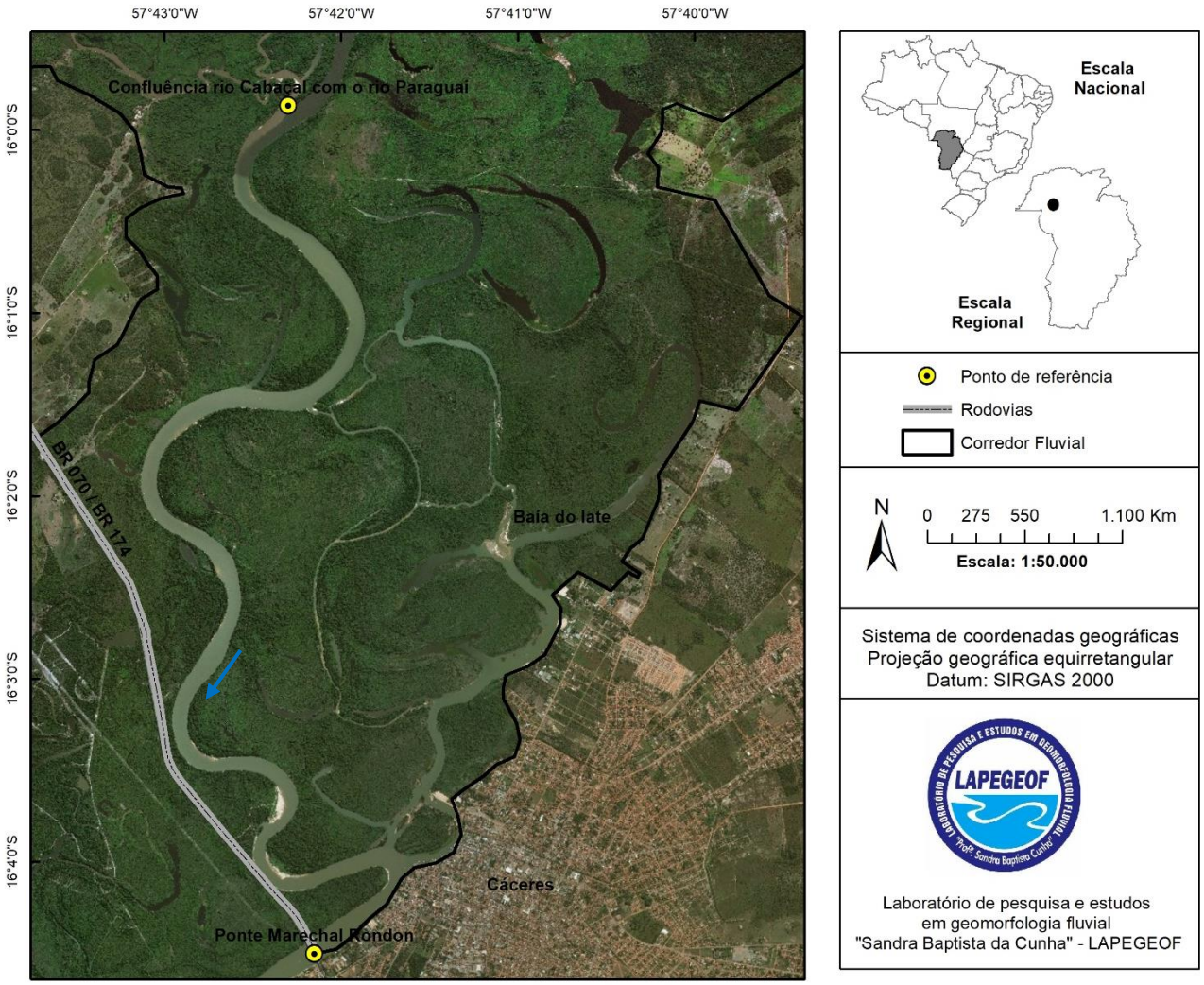
Esta dissertação tem como objetivo geral caracterizar as feições morfológicas e o comportamento da dinâmica fluvial no corredor fluvial do rio Paraguai, entre a foz do rio Cabaçal e a cidade de Cáceres – Mato Grosso, tendo como objetivos específicos:

- Caracterizar os elementos ambientais da área de estudo (clima, geologia, geomorfologia, solos e vegetação);
- Identificar as feições morfológicas presentes no corredor fluvial;

- Analisar as variáveis hidrodinâmicas e o aporte de sedimentos ao longo do segmento selecionado.

A área de estudo localiza-se entre as coordenadas geográficas 15º 59’ 57” a 16º 04’ 31” de latitude Sul e 57º 42’ 15” a 57º 42’ 10” de longitude Oeste. O trecho selecionado corresponde cerca de 14 quilômetros de extensão (com referência à calha do rio) (Figura 01).

Figura 01 – Localização geográfica da área de estudo



Fonte: INPE (2018). Escala regional indicando a localização da área recorte no contexto da bacia hidrográfica do Alto Paraguai. Seta azul apontando a direção do fluxo.

Na área de estudo, na margem esquerda do rio Paraguai, situa-se a área urbana da cidade de Cáceres, e por isso e demais fatores que são abordados ao longo desta

dissertação, o corredor fluvial é um exemplo de ambiente que possui perturbações e estas podem provocar alterações em seus aspectos morfológicos, no volume da vazão, na produção de sedimentos e na qualidade das águas.

As circunstâncias de modificações podem impactar negativamente nas condições ambientais do sistema fluvial, como também na economia, cultura e na qualidade de vida da população de Cáceres. Nesse sentido, justifica-se a escolha desta área de estudo para esta pesquisa perante a importância do rio Paraguai em termos ambientais, pois é um rio crucial para a manutenção do Pantanal, e para a região, pois o mesmo é usado para o abastecimento da cidade de Cáceres, para o turismo, navegação e lazer.

A estrutura desta dissertação está organizada desta forma: o capitulo I apresenta a introdução da pesquisa; o capítulo II consta o referencial teórico e conceitual, realizado com o exercício de leitura de trabalhos de caráter científico; o capítulo III trata-se dos materiais e métodos adotados para a realização desta pesquisa e; o capítulo IV refere-se aos resultados e discussões, subdividido em duas partes, a primeira possui o tema “características do corredor fluvial” em que as feições morfológicas são discutidas e a segunda “hidrodinâmica e aporte de sedimentos”, onde são apresentados e analisados os dados obtidos em campo.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Espaço Geográfico

A palavra espaço é provavelmente uma das mais polissêmicas que existe, é uma noção capturada e transfigurada sob ótica de várias ciências e saberes, é um conceito utilizado com acepções diferenciadas conforme as especificidades de cada campo científico, por isso, perpassar por todos os seus meandros e chegar a uma conceituação universal é impossível (SOUZA, 1997; CORRÊA, 2010).

A discussão acerca do espaço geográfico compreende caráter investigativo quanto a capacidade das ações humanas de modificar a natureza por meio do trabalho no decorrer do tempo (SANTOS, 2015). De acordo com Lefebvre (2006), a produção do espaço e do tempo, não podendo ser considerados separadamente, são os aspectos essenciais da “segunda natureza”, consequência das ações antrópicas sobre a “primeira natureza”.

Nessa perspectiva, é possível compreender que o ser humano promove alterações no meio físico (primeira natureza) e o transforma em segunda natureza por meio das relações sociais e técnicas estabelecidas ao longo do tempo, tornando palpável, portanto, a relação homem e natureza. Nesse contexto, Suertegaray (2003) afirma que o espaço geográfico é concebido como articulação da natureza e sociedade, constituindo um objeto de interface e entre as ciências naturais e sociais.

É notável que a partir da fixação territorial e o desenvolvimento das técnicas impulsionadas pelo intenso processo capitalista houve demasiada pressão sobre os recursos naturais por meio da exploração incessante dos mesmos, por um lado, isso reflete no avanço econômico, por outro, se configura em efeitos perversos para a natureza e para os próprios homens (BERNARDES; FERREIRA, 2008).

Levando em consideração a concepção de segunda natureza é possível citar os sistemas fluviais, pontualmente os rios, como exemplo. Os rios enquanto unidades sensíveis da paisagem são muito suscetíveis a terem suas características físicas alteradas por meio de garimpagem, inserção de barragens, intensa navegação, edificação de cidades nas margens, retificação de canais, despejo de efluentes, entre outros.

Tendo como exemplo a relação sociedade e ambiente fluvial é possível enxergar as relações intrínsecas e complexas do homem com os componentes da natureza,

construindo assim o palco de discussão e análise do espaço geográfico. Nesse sentido, o estudo dos aspectos físicos do planeta não faz da Geografia uma ciência natural, biológica ou da terra, mas, acima de tudo, uma ciência do espaço e, essa é sua essência fundamental (MENDONÇA, 1997).

Santos (2006, p. 12) enfatiza que é somente a partir da noção de espaço, defendido por ele como sendo “um conjunto indissociável de sistemas de objetos e sistemas de ações”, torna-se possível reconhecer as suas categorias analíticas internas e entre elas está a paisagem, considerada por Suertegaray (2001, p. 04), assim como as demais (território, lugar, ambiente), um conceito mais operacional que “expressa uma possibilidade de leitura de espaço geográfico delineando, logo, um caminho metodológico”.

2.1.2. O estudo da paisagem e a abordagem sistêmica

O estudo da paisagem é um dos mais antigos métodos de abordagem do quadro natural da superfície terrestre pertencentes à Geografia, especificamente à Geografia Física (MENDONÇA, 1997). Durante seu processo evolutivo a análise da paisagem perpassou por intensas transformações teórico-metodológicas na pretensão de aferir e mostrar com consistência os dados da realidade geográfica e, por isso, estudar uma determinada paisagem é debruçar-se em um problema metodológico (BERTRAND, 1968).

Conforme abordado por Christofoletti (1999), Costa e Rocha (2010) e Ramírez Velázquez e Levi (2015), a noção de paisagem teve origem com geógrafos alemães do século XIX e seu embasamento era de caráter fisionômico, intimamente relacionado com o método de observação impulsionado pelas viagens científicas ocorridas naquela época.

Humboldt, Hitter e Goethe se destacam como proponentes da Geografia enquanto ciência e pelo emprego conceitual de paisagem (KOHLHEPP, 2005; VITTE, 2007; SILVEIRA, 2012; FALCÃO; FALCÃO SOBRINHO, 2016).

Na década de 1950, o mundo configurou-se por intensas reestruturações ocasionadas, sobretudo, pela ocorrência da Segunda Guerra Mundial. As inovações e descobertas advindas do grande conflito resultaram na evolução da ciência levando o apogeu da Teoria dos Sistemas (MENDONÇA, 1997). Desta forma, Bertalanffy (1968) afirma que o princípio da General System Theory postulada por ele é a formulação e derivação de modelos, princípios e leis que são válidos para "sistemas" em geral, o autor então define um sistema como sendo um complexo de elementos em interação.

Snytko e Semenov (2008) apontam que com a Teoria Geral dos Sistemas houve o surgimento de novas ideias para a Geografia Física e, essas estavam pautadas nos conceitos de sistemas discutidas por Bertalanffy. Segundo Mendonça (1997), esse fato impulsionou o espírito de cientificidade que a Geografia Física buscava. Como resultado ampliou-se o escopo do conceito de paisagem no intento de incorporar os diversos processos biofísicos que moldam a superfície terrestre (KENNEDY, 2003).

Na antiga União Soviética, Sochava absorveu a concepção de sistemas e consolidou-a na geografia através do geossistema, o autor tinha como intuito “estabelecer uma tipologia aplicável aos fenômenos geográficos, enfocando aspectos integrados dos elementos naturais numa entidade espacial em substituição aos aspectos da dinâmica biológica dos ecossistemas.” (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Sochava (2015) definiu o geossistema como o espaço terrestre de todas as dimensões, no qual todos os componentes da natureza estão relacionados sistemicamente, interagindo com a esfera cósmica e com os humanos. Nessa perspectiva, Troppmair e Galina (2006) afirmam que a paisagem é um fato concreto e de importante significado para a Geografia por apresentar a fisionomia da aplicabilidade do geossistema.

Bertrand (1968) compreende que a paisagem não é meramente uma soma de elementos geográficos distintos. É uma parcela do espaço onde há o complexo resultado da combinação dinâmica dos componentes físicos, biológicos e antrópicos, que interagem dialeticamente, tornando a paisagem única, inseparável e em constante evolução. É baseando-se nesta perspectiva sistêmica que Bertrand aprimora a concepção de geossistema de Sotchava ao vislumbrar uma taxonomia da paisagem considerando o geossistema como resultado da combinação do potencial ecológico, exploração biológica e ação antropogênica (MONTEIRO, 2001; MENDONÇA, 2001).

Por meio da análise crítica às contribuições postuladas por Bertrand e Sotchava, Tricart desenvolve sua pesquisa embasando-se no contexto sistêmico de análise integrada do meio natural contribuindo com novas perspectivas de análise sistêmica na Geografia Física (PASSOS, 1991; MONTEIRO, 2001).

Tricart alega que a partir de uma visão dinâmica de ambiente torna-se possível analisar a morfodinâmica do mesmo. Nesse sentido, Tricart apresenta o conceito de unidade ecodinâmica que “enfoca as relações mútuas entre os diversos componentes da dinâmica e os fluxos de energia/matéria no meio ambiente” (TRICART, 1977, p. 32).

A partir das abordagens de Sotchava, Bertrand e Tricart, os geógrafos brasileiros, como Aziz Ab'Saber, Carlos Monteiro e Orlando Valverde, se debruçaram nos estudos da paisagem aperfeiçoando a aplicação de acordo com as particularidades do país. Os primeiros trabalhos desenvolvidos pelos atores citados basearam-se na análise descritiva/explicativa do ambiente físico, porém a partir do contexto onde a preocupação com as questões ambientais tomou espaço os estudos no âmbito da Geografia Física avançaram com enfoque sistêmico e geossistêmico (MENDONÇA, 2001; SANTANA, 2017).

Na concepção de Ab'Saber (2003), por exemplo, todos os que adentram no conhecimento das ciências da natureza, de uma forma ou de outra, chegam à concepção de que a paisagem é uma herança, no sentido literal da palavra. Pois a paisagem vista como conjunto de formas em um dado momento reflete heranças dos processos fisiográficos e biológicos em consonância com o patrimônio coletivo das sociedades que se desenvolveram ao longo do tempo.

Suertegaray (2001, p. 04) argumenta que "ao optarmos pela análise geográfica a partir do conceito de paisagem, poderemos concebê-la enquanto forma (formação) e funcionalidade (organização)". Em vista disso, elementos naturais, assim como os humanizados, elementos que fazem parte do espaço geográfico, podem coexistir nele.

Troppmair e Galina (2006) expõem que na atualidade está em voga estudar o espaço geográfico de forma integrada. Nessa circunstância, a abordagem da paisagem possibilita a superação da dicotomia, abarcando a compreensão holística, inseparável e dialética da relação entre sociedade e natureza.

A análise sistêmica e integrada nos estudos de paisagem se valida perante à crescente problemática ambiental, pois para que estudos ambientais sejam realizados é preciso que as dinâmicas espaciais e o funcionamento do sistema sejam abordados a fim de um estudo satisfatório (NUNES *et al.*, 2006).

Neste contexto, destaca-se a bacia hidrográfica como uma unidade espacial de análise que tem sido um dos objetos de estudo mais abordados nos últimos decênios devido às implicações ambientais, pois nela há um emaranhado de atores sociais que constroem e reconstroem o espaço geográfico em meio aos elementos naturais numa relação complexa, demostrando claramente um exemplo tangível da relação sociedade e natureza.

É importante frisar que os canais fluviais que constituem uma bacia hidrográfica são considerados como unidades sensíveis da paisagem, pois qualquer perturbação

desencadeia consequências e, por esse motivo, pesquisas com enfoque nesses sistemas são necessárias. Corroborando com o exposto, Prichoa *et al.* (2015, p. 154) denotam que “a paisagem fluvial é definida como uma paisagem em cuja origem e dinâmica o rio é o elemento principal. Inclui o canal natural, as ribeiras e planície de inundação em suas duas margens”.

Conforme Leandro (2015), os canais fluviais são entendidos como resultado dos elementos ambientais e sociais, assim, a complexidade da paisagem fluvial é perceptível, pois os problemas ambientais estão em consonância com os espaços associados à água.

Segundo Souza (2013), é pertinente considerar a uniformidade dos processos, os limiares de mudança, a evolução da paisagem e as respostas complexas dos sistemas fluviais. É necessário buscar na geomorfologia fluvial, ramo da Geografia Física, a base teórico-metodológica pertinente à realização da pesquisa cujo objeto é o corredor fluvial de um importante rio, portanto, um sistema fluvial dinâmico.

2.2. Geomorfologia fluvial

A geomorfologia é baseada em estudos sistêmicos das formas do relevo a partir das leis que estipulam a gênese e evolução do mesmas, podendo citar a origem do relevo, estrutura, natureza litológica, clima e as forças atuantes, endógenas ou exógenas, que são os fatores que o constroem e podem destruí-lo (SCHUMM, 1973; MARQUES, 2013; GUERRA; GUERRA, 2015).

Christofoletti (1973) dispõe que no conhecimento geomorfológico está empregado a ideia de que o relevo está em constante evolução devido aos processos morfogenéticos. No entanto, a paisagem morfológica percebida e analisada no presente é apenas um patamar perante a longa sequência de fases do passado e daquelas que ainda procederão. Nessa perspectiva é necessária a experiência em modelos reduzidos, onde a ação pluvial nas vertentes e o tipo de materiais carregados pelos rios são alguns dos processos que indicam a ação da esculturação do relevo.

Existe uma ampla gama de formas de relevo e depósitos relacionados por origem atribuíveis aos processos fluviais, isto é, da erosão, transporte e sedimentação, que são agentes que variam de acordo com as especificidades locais e temporais. É perfeitamente plausível estudar as morfologias e depósitos que se originaram dos processos fluviais que intervieram em diferentes graus e intensidades (HERRERO, 2001).

O comportamento de um sistema fluvial desperta interesses e preocupações que vão desde a importância do mesmo para o abastecimento de água, navegação, geração de energia, atividades de recreação ou propriamente pela estética (KNIGHTON, 1998).

Nessa perspectiva, há a ascensão da geomorfologia fluvial enquanto campo do conhecimento geomorfológico que busca abordar especificamente os ambientes fluviais e os rios nas dimensões longitudinais, laterais, verticais e temporais, interessando-se também pela análise dos processos e das formas relacionadas com o escoamento dos rios (CHRISTOFOLETTI, 1980; STEVAUX; LATRUBESSE, 2017).

Instiga-se na atenção dos pesquisadores geomorfólogos às mudanças na morfologia e fisionomia que rios e canais assumem em determinado ambiente fluvial tendo em vista a dimensão de curta ou longa duração (escala geológica) e a dimensão espacial que viabiliza a investigação setorizada dos rios quanto as suas particularidades de ajuste e reajuste (CUNHA, 2008; 2009).

Cunha (2009) expõe que o ensino e aplicação da geomorfologia fluvial proporciona ao pesquisador um conjunto de métodos e técnicas de gabinete, campo e laboratório para coleta, e também diversas formas de analisar os dados obtidos com as mudanças ocorridas no sistema fluvial. Os métodos e técnicas de monitoramento, predição e interpolação espacial possibilitam “analisar as variabilidades espacial e temporal das mudanças e os mecanismos dos processos de mudança no sistema fluvial” (CUNHA, 2009, p. 157).

É imprescindível que nos estudos fluviais o conceito de escala espaço-temporal seja abordado, visto que há uma intrínseca relação entre as dimensões temporal e espacial das variáveis presentes no sistema fluvial (STEUVAX; LATRUBESSE, 2017).

É importante que a análise dos processos atuais seja procedida para a compreensão da dinâmica atual de determinado ambiente, a partir da investigação de como esse ambiente funcionou no passado e de como poderá operar no futuro, numa perspectiva de prospecção (GREGORY, 1992).

2.3. Dinâmica dos sistemas fluviais

A água é um elemento físico importantíssimo na composição da paisagem terrestre. É responsável por interconectar fenômenos da atmosfera inferior e da litosfera, influenciando a vida vegetal, animal e humana por meio da interação de todos os elementos

que compõem o seu ambiente de drenagem, desempenha também o papel relevante enquanto agente modelador do relevo (COELHO NETTO, 2013).

À medida que o fluxo laminar progride na superfície e aumenta gradualmente em volume, profundidade e velocidade, instaura-se o desenvolvimento gradativo do fluxo acanalado propício para novas características hidráulicas, a partir de então, na nova condição de escoamento, a maioria do volume de água torna-se parte de uma rede de drenagem (STEVAUX; LATRUBESSE, 2017).

Enquanto um sistema hidrogeomorfológico, a bacia de drenagem é um sistema aberto constituído como uma determinada área da superfície da terra que recebe energia por meio dos impulsos climáticos e de forças endógenas e perde energia através do processo de drenagem de água, sedimentos e elementos dissolvidos para o exutório. A bacia hidrográfica resulta da interação da água com outros recursos naturais, como: material de origem, topografia, solo, vegetação e clima, possuindo, portanto, uma dinâmica fluvial natural (CHORLEY, 1962; CHRISTOFOLETTI, 1980; KNIGHTON, 1998; SOUZA *et al.*, 2012; COELHO NETTO, 2013).

Inserido nesta perspectiva de sistema aberto está o conceito de sistema fluvial, que segundo Schumm (1977 apud LEANDRO, 2015), é compreendido como zona fonte de sedimentos, de transporte e de deposição e, para entender as inter-relações ou alguns dos elementos separadamente, é preciso buscar minuciosamente compreender o comportamento dos rios, levando em consideração os controles climáticos, geológicos, o tipo de uso do solo da bacia, como também sua cobertura vegetal e sua relação com o sistema fluvial em relação ao abastecimento de água e a quantidade e o tipo de sedimentos transportados e depositados, assim, o sistema fluvial constitui-se um sistema físico que apresenta uma história de evolução.

Neste contexto, Machado e Torres (2012) acrescentam que o fluxo de águas superficiais na bacia de drenagem é influenciado por diversos fatores que facilitam ou dificultam sua ocorrência e intensidade. Dentre esses fatores estão: a natureza climática (intensidade e duração da precipitação); os fatores fisiográficos da bacia de drenagem (área, forma, permeabilidade do solo, capacidade de infiltração e topografia), cobertura vegetal e obras hidráulicas).

Christofoletti (1981) expõe que “o escoamento nos canais fluviais apresenta diversas características, que se tornam responsáveis pelas qualidades atribuídas aos

processos fluviais". Nesse propósito, conforme abordado por Knighton (1998), os rios são agentes essenciais de erosão e transporte, drenam água e removem os sedimentos da superfície da terra levando os oceanos, assumindo assim um papel crucial para completar o ciclo global da água.

O escoamento da água no sistema fluvial é regido por leis físicas representado quantitativamente pelas seguintes variáveis: profundidade, velocidade e vazão (TUCCI, 2001).

A velocidade das águas dos rios em geral, depende da declividade do perfil longitudinal, do volume das águas, formas da seção transversal, rugosidade do leito do rio e viscosidade da água. Esses fatores induzem que a velocidade tenha característica dinâmica no percorrer do canal e, propriamente, em sua seção transversal (CUNHA, 2008).

Conforme Popp (2016) a variável vazão depende da área do canal e da velocidade do fluxo das águas. Esta relação estabelecida pela área e velocidade determinam a competência do rio, ou seja, o tamanho das partículas que pode ser transportado, e a capacidade do rio, isto é, o volume da carga transportada pelo canal fluvial.

Embora a quantidade de água superficial disposta nos rios seja relativamente pequena comparada à água presente nos demais ambientes, a força do fluxo da água é uma das mais potentes forças operacionais na superfície da terra ao considerar a energia total gasta com a quantidade total de sedimentos transportados (KNIGHTON, 1998).

De acordo com Charlton (2008), as interações de forças entre o fluxo e a vazão de um rio levam-no ao ajuste da forma do canal, refletindo na atuação dos processos de erosão, transporte e deposição.

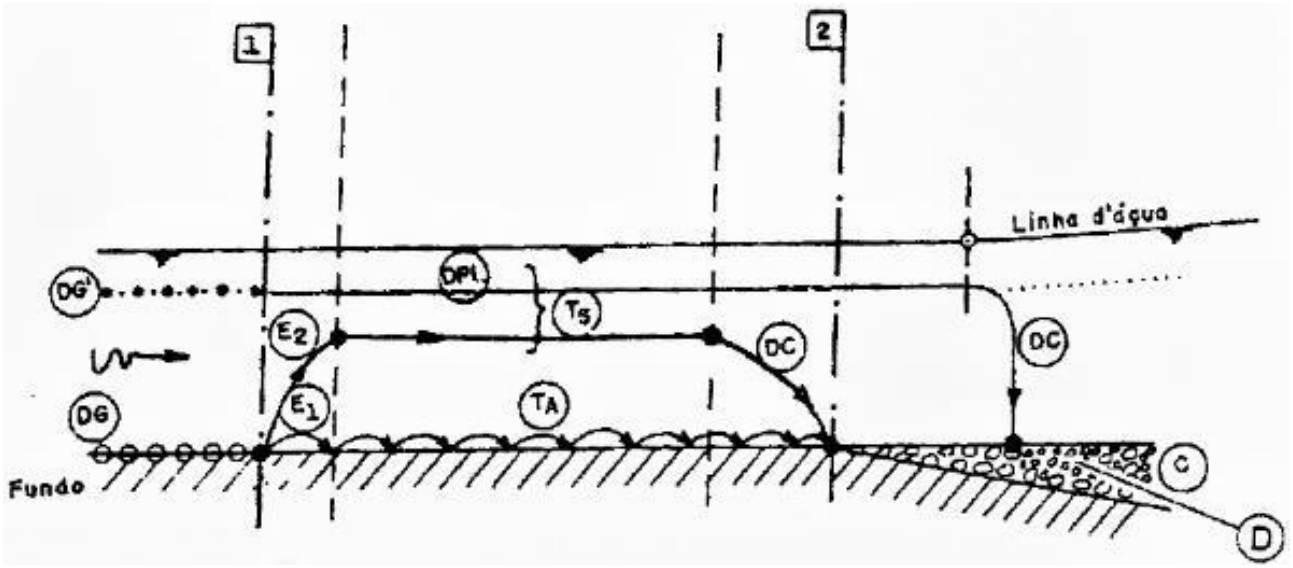
2.3.1. Processos do ciclo hidrossedimentológico

Os processos fluviais agem ao longo de diferentes dimensões temporais, desde em questão de segundos até em escala de milhões de anos, devido a essa singularidade, os processos de longa duração estão muito além do tempo de observação humana, por isso se valida à compreensão dos que ocorrem na atualidade enquanto chave dos que procederam no passado (STEVAUX; LATRUBESSE, 2017).

Os processos fluviais estão intrinsicamente associados aos processos que regem o deslocamento de partículas sólidas, que em conjunto formam o ciclo hidrossedimentológico (Figura 02), formado por desagregação, separação ou erosão,

transporte, decantação ou sedimentação, deposição e consolidação (BORDAS; SEMMELMANN, 2001).

Figura 02 – Trajetória de partículas sólidas no ciclo hidrossedimentológico



Fonte: Bordas e Semmelmann (2001).
Legenda: DG e DG': produtos finais da desagregação; E: erosão (E1: material grosso; E2: material fino; T: transporte (TA: por arraste; Ts: em suspensão; DPL: descarga sólida em suspensão; DC: decantação; D: deposição; C: consolidação.

Os autores supracitados expõem que a desagregação compreende o desprendimento de partículas sólidas do meio do qual fazem parte, podendo ocorrer por fatores naturais (reações químicas, flutuação da temperatura, ações mecânicas) e por ações antrópicas. A incidência desses fatores resulta em uma massa de partículas sólidas (que podem variar de tamanho, desde argila à matacão) que ficam suscetíveis ao escoamento superficial das águas de chuva, desencadeando a erosão.

De modo geral, os processos que compreendem a remoção e transporte de materiais da superfície da terra são denominados de erosão ou denudação (STEVAUX; LATRUBESSE, 2017). Nessa acepção, os sedimentos existentes no curso d'água têm origem da erosão promovida na área de abrangência da bacia hidrográfica (que pode ser intensificada à medida que o solo estiver menos protegido por vegetação), bem como no próprio leito, por meio da erosão das próprias margens (CARVALHO *et al.*, 2000; CARVALHO, 2008).

A capacidade de erosão das margens e do leito fluvial, como também de transporte e deposição da carga sólida e dissolvida de um rio "dependem, entre outros fatores, da

velocidade e, sua alteração modifica, de imediato, essas condições" (CUNHA, 2013, p. 228).

As correntes fluviais podem transportar as partículas presentes no rio em solução, suspensão, saltação e arraste, afirmam Chistofoletti (1980), Carvalho (2008), Cunha (2013) e Popp (2016).

A carga dissolvida que compreende os constituintes intemperizados das rochas e solos, por exemplo, íons de cálcio, ferro e carbonato, que são transportadas em solução na mesma velocidade do fluxo até onde a água percorrer e, a deposição desses componentes só se processa quando houver a saturação dos mesmos (LAPORTE, 1975; CHRISTOFOLETTI, 1980; STEVAUX; LATRUBESSE, 2017).

Conforme Christofoletti (1980), Carvalho *et al.* (2000) e Cunha (2013) a carga em suspensão engloba as partículas de granulometria reduzida, silte e argila e também material particulado de origem orgânica advinda de fontes aquáticas, como algas, organismos microscópicos e terrestres, como fragmentos de vegetais, sendo esse último componente abordado e acrescentado por Stevaux e Latrubesse (2017). Essas partículas se mantêm suspensas na água enquanto a turbulência for suficiente para tal.

As partículas de granulometria maior, compostas por areias, seixos e cascalhos, compõem a carga de fundo do rio, essas saltam, rolam ou rastejam no transcorrer do leito fluvial (LAPORTE, 1975; LEINZ; AMARAL, 2003; CHRISTOFOLETTI, 1980).

A locomoção e transporte dos sedimentos dependem principalmente da forma, tamanho, peso da partícula e das forças exercidas pela ação do escoamento. Quando a força de locomoção reduz alcançando a condição de não mais poder deslocar o sedimento, ocorre a deposição (CARVALHO, 2008; CUNHA, 2013). Embora os sedimentos sejam erodidos, transportados e depositados em cada compartimento do sistema fluvial, a dominância desses processos pode variar espacial e temporalmente (BRIERLEY; FRYIRS, 2005).

A decantação ou sedimentação constitui a etapa na qual as partículas mais finas transportadas em suspensão propendem alcançar o fundo do canal sob ação da gravidade, nesse processo é comumente observado os obstáculos impostos pela turbulência das águas que impede ou retarda o contato da partícula com o fundo. A deposição ocorre a partir da parada total do sedimento em suspensão recém decantado no fundo, ou do sedimento transportado por arraste. A decantação difere-se da deposição, pois uma

partícula recém decantada pode continuar a se mover sobre as partículas do fundo conforme as forças hidrodinâmicas da seção do rio (BORDAS; SEMMELMANN, 2001).

Stevaux e Latrubesse (2017) corroboram dizendo que uma vez depositado, o sedimento pode ser erodido e transportado novamente, afirmam também que a permanência de um depósito está relacionada a vários fatores, podendo ser quanto ao regime hidrológico, as mudanças climáticas, atividades tectônicas e a interferência do homem sob o sistema fluvial.

Com o acúmulo e compactação das partículas depositadas sobre o fundo do canal ocorre a consolidação por meio do próprio peso dos sedimentos, da pressão hidrostática ou de outros eventos que venham a estabelecer o aumento da densidade dos depósitos (BORDAS; SEMMELMANN, 2001).

Considerando os processos fluviais expostos, é conivente ressaltar que as alterações em declive a jusante, de descarga, o confinamento vale, o fornecimento de sedimentos e o tamanho das partículas dão origem aos diferentes saldos entre erosão e deposição ao longo do sistema fluvial. Isso resulta em mudanças a jusante na fisiografia do canal e da planície de inundação. Em termos gerais, a oferta acumulada de sedimentos aumenta a jusante, mas a energia disponível diminui (BRIERLEY; FRYIRS, 2005; CHARLTON, 2008).

2.4. Fisiografia fluvial: enfoque ao padrão meandrante

Cunha (2013) aponta que a fisiografia fluvial pode ser compreendida sob o ponto de vista dos tipos de leitos, de canais e de rede de drenagem. Destarte, consoante com a temática da proposta de pesquisa, na sequência, as bases teóricas sobre tipos de leitos e de canais serão abordadas.

Conforme Christofoletti (1980), os leitos fluviais referem-se aos espaços que, em determinados períodos, podem ser ocupados pelo escoamento das águas e, quando considerado o perfil transversal na planície de inundação pode-se detectar as diferentes formas que o leito fluvial pode possuir, sendo estes: leito de vazante, leito menor, leito maior sazonal e leito maior excepcional.

O leito de vazante encontra-se inserido no leito menor e é ocupado para o escoamento das águas baixas; o leito menor é bem delimitado com margens bem definidas e o escoamento das águas possui frequência suficiente para impossibilitar o crescimento

da vegetação, é onde verifica-se as irregularidades (trechos mais profundos e menos profundos); o leito maior sazonal corresponde ao espaço regularmente preenchido pelas cheias pelo menos uma vez ao ano e; o leito maior excepcional que é observado onde correm os eventos de cheias elevadas (CHRISTOFOLETTI, 1980; CUNHA, 2013).

A maioria dos rios dispõe de três segmentos segundo a declividade do relevo: trecho de montanha caracterizada como a fase juvenil do rio onde o poder erosivo é grande; trecho de vale (maturidade do rio) onde se observa grande atuação do processo de transporte; e o trecho da planície (fase senil) localizado próximo a foz. Nesse último ponto o poder erosivo do rio é mínimo, depositando grande parte do material transportado. O percurso é sinuoso e há presença de praias de areia e pedregulhos na parte interna das curvas (BRIERLEY; FRYIRS, 2005; POPP, 2016).

Ao longo do perfil longitudinal de uma bacia de drenagem, devido à relação entre declividade e vazão, os canais fluviais podem exibir fisionomia retilínea (*straight*), entrelaçada (*braided*) e meândrica (*meandring*), de acordo com a divisão tradicional de padrões de canais (LEOPOLD; WOLMAN, 1957; CÂNDIDO, 1971; CHRISTOFOLETTI, 1980; 1981).

Leopold e Wolman (1957) mencionam que, com base em seus estudos, um mesmo rio pode exibir tanto padrão reto, sinuoso ou anastomosado ao longo de seu perfil longitudinal, dependendo de sua inclinação média, embasamento geológico, sua descarga total e entre outros fatores, isso requer que a concepção de transição ou inter-relação de padrões de canais seja abordado.

Schumm (1985) ao analisar as características sedimentares, de sinuosidade e da relação entre a largura e profundidade estabeleceu a relação dessas variáveis de acordo com os padrões de canal (Quadro 01).

Quadro 01 - Variáveis de acordo com o padrão de canal

Padrão de canal	Tipo de carga	Q_{SF}: Q^{ST} (%)	w/d	Sinuosidade
Meandrante tortuoso	Suspensa	< 3	< 10	> 2,0
Meandrante regular	Mista	3 – 11	10 – 40	1,3 – 2,0
Entrelaçado	De fundo	> 11	> 40	< 1,3

Fonte: Schumm (1985), adaptado por Stevaux e Latrubesse (2017).

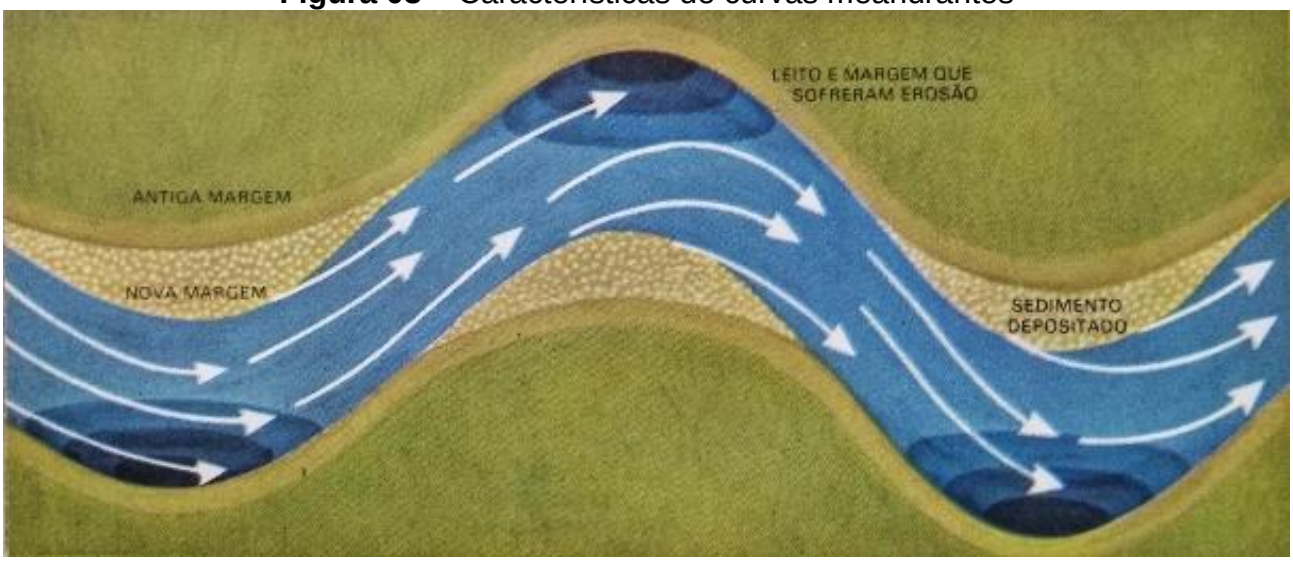
De acordo com Popp (2016), os canais entrelaçados são caracterizados por sucessivas bifurcações que retornam à coalescência a jusante, delineando barras arenosas

e ilhas, além disso, os canais costumam ser largos e migram lateralmente. Caracterizam-se por portar elevado volume de carga de fundo e possuem alta dinamicidade pela grande atividade fluvial e rápidos ajustes na forma do canal (CHARLTON, 2008).

Canais retilíneos são pouco frequentes, correspondem a pequenos trechos ou canais curtos, à exceção dos canais controlados por linhas ou falhas tectônicas. A condição básica para sua existência está associada a um leito rochoso homogêneo que oferece igualdade de resistência à atuação das águas. Por efeito dessa condição incomum, a extensão do canal retilíneo será de, no máximo, dez vezes a largura de qualquer rio (CÂNDIDO, 1971; CUNHA, 2013).

O desenvolvimento da sequência de depressões (*pools*) e umbrais (*riffles*) ao longo do leito do rio, capazes de definir as margens de erosão e deposição, mostram a fase inicial do meandramento (Figura 03).

Figura 03 – Características de curvas meandrantes



Fonte: Leopold e Davis (1980).
Legenda: Setas indicam o direcionamento do fluxo, parte deste colide com a margem, originando a margem de erosão. O material que sofreu erosão (em azul escuro) é depositado no mesmo lado da margem mais a jusante (em bege), margem de deposição.

Em um estágio bem definido, os rios meândricos descrevem curvas sinuosas, largas, harmoniosas e semelhantes entre si e são comumente encontrados em zonas úmidas e cobertos por vegetação ciliar, desenvolvem um trabalho constante de escavação nas margens côncavas e de deposição nas margens convexas. Para o surgimento de meandros algumas condições são essenciais: camadas sedimentares de granulação

móvel; gradientes moderadamente baixos; fluxos regulares e contínuos; cargas de sedimentos em suspensão e de fundo em equivalência aproximada (LEOPOLD; WOLMAN, 1957; CHRISTOFOLETTI, 1980; CUNHA, 2013).

Conforme Cândido (1971), os meandros não são meros acidentes da natureza, mas são uma resposta do rio que efetua seu trabalho pela “lei do menor esforço”, por consequência, é o tipo de padrão mais provável que um rio possa tomar.

Christofoletti (1981) expõe que estudar as propriedades geométricas dos rios meandrantes só é válido se considerado como um sistema aberto, que reponde a influências de débitos, carga detrítica e material sedimentar. O autor mencionado contribui ainda que o sistema meândrico trabalha em condições de manter o equilíbrio em termos dos *inputs* fornecidos e das restrições que os fatores locais impõem sobre o sistema.

Schumm (1985) e Stevaux e Latrubesse (2017) abordam que os meandros podem ser regulares, irregulares e/ou tortuosos. São regulares quando apresentam certa homogeneidade na morfometria, enquanto os irregulares alternam meandros de diferentes tamanhos e formas, os tortuosos, por sua vez, podem exibir alterações na morfologia com trechos meandrantes e retilíneos na direção geral do escoamento rumo à foz.

Popp (2016) expõe que as principais fácies que um sistema meandrante apresenta são: barras em pontal ou de meandro; diques naturais; depósitos de rompimento de diques, depósitos em planície de inundação e preenchimento de canais abandonados. As geoformas deposicionais associadas ao sistema meandrante assumem crucial importância, pois, dentro de todo o sistema fluvial representam o maior volume de sedimentos depositados num determinado período do tempo.

2.5. Planície de inundação e geoformas associadas

Distintamente da calha fluvial, em que procedem exclusivamente processos aquáticos, a planície de inundação apresenta a interação de processos aquáticos e terrestres (STEVAUX; LATRUBESSE, 2017).

Junk *et al.* (1989) definem a planície de inundação como sendo áreas que são periodicamente inundadas pelo transbordamento lateral de rios ou lagos. Christofoletti (1980) argumenta que a planície de inundação pode ser definida e delimitada por diversos critérios e, isto procede de acordo com a perspectiva e objetivos de cada pesquisador e sua área de conhecimento. Especificamente, para o geomorfólogo, a planície de inundação

apresenta uma configuração topográfica própria, pois exibe formas de relevo e depósitos de sedimentos associados à dinâmica das águas fluviais e das formas dos canais.

Os pulsos de inundações periódicas dos rios são capazes de realizar uma gama de trabalhos geomorfológicos no sistema fluvial e são significativas na modelagem do canal, geração de morfologias deposicionais e erosivas da planície. Enquanto os fluxos frequentes são mantidos dentro do canal, os altos fluxos periódicos sobrepõem-se a calha do canal e introduzem sedimentos de fundo e suspensão, material dissolvido, organismos e nutrientes na planície circundante (CHARLTON, 2008; STEVAUX; LATRUBESSE, 2017).

O desenvolvimento e evolução da planície de inundação é governado por diversos fatores: fornecimento de sedimentos (volume e calibre); ambiente energético do canal; e o ambiente do vale. As mudanças na morfologia da planície de inundação ocorrem de forma natural devido à relação do regime hidrodinâmico do rio (tipos de carga e a força exercida pelo fluxo) (JUSTINIANO, 2010).

Christofoletti (1980) expõe que as planícies de inundação desenvolvidas em trechos de rios sinuosos apresentam topografia diversificada e esse fator é um dos mais relevantes em um sistema fluvial. Em sua planície de inundação, pode-se identificar a ocorrência de diferentes características morfológicas que são influenciadas diretamente pela dinâmica do rio em termos de erosão, transporte e deposição de sedimentos (SILVA *et al.*, 2012).

As baías, nomenclatura regional, são áreas deprimidas, contém água, apresentam formas circulares, semicirculares ou irregulares e apresentam-se ligadas diretamente ao canal principal inclusive em época de estiagem, as vazantes também são áreas deprimidas que, na cheia, servem de escoadouro entre baías ou entre trechos do rio e são consideradas como cursos fluviais intermitentes (SOUZA, 2004).

As lagoas são depressões de formas variadas, tendem a forma circular de profundidade pequena, contém água doce ou salgada no período de cheia e no período de estiagem se transformam em áreas de pastagem e as ilhas são porções de terras emersas circundadas de água doce ou salgada (GUERRA; GUERRA, 2015).

Os cordões marginais correspondem à evolução das barras de pontal no formato de meia lua, os mesmos se desenvolvem em planícies de inundação de rios com meandros livres. As barras arenosas laterais e centrais são formas deposicionais de material de fundo

do canal (areia), podendo apresentar-se emersas ou parcialmente submersas (STEVAUX; LATRUBESSE, 2017).

Os diques marginais ou barras de meandro resultam no acúmulo de depósitos aluviais na planície de inundação e configurando-se em elevações de terra presentes nas margens dos rios delimitando as planícies de inundação (CHRISTOFOLETTI, 1981; PERIOTTO; CIELO FILHO, 2014).

Para Souza (2004) os braços correspondem a pequenos cursos d'água conectados ao rio principal e o furado (termo regional) consiste em pequenos canais encontrados em rios de planícies que surgem devido o rompimento do colo do meandro podendo evoluir para canal principal.

Visto a complexidade que a planície de inundação apresenta se faz necessário considerá-la em uma perspectiva histórica na interpretação, pois sua desenvoltura remete-se as formas derivadas de eventos da atualidade e pretéritos e ao legado deixado pelos processos hidrogeomorfológicos e ecológicos do passado (STEVAUX; LATRUBESSE, 2017).

2.6. A importância da mata ciliar

O regime das inundações nas planícies determina as composições específicas da paisagem, havendo alterações no regime de inundação a consequência é a mudança na cobertura vegetal (PEREIRA *et al.*, 2012).

A vegetação marginal tem despertado interesse e atenção de pesquisadores de diversos campos científicos devido a sua importância crucial para os rios (LINDNER; SILVEIRA, 2003). A existência de distintas tipologias vegetais recorrentes na planície de inundação é determinada pela dinâmica do canal fluvial e por características morfossedimentares da planície (STEVAUX; LATRUBESSE, 2017).

A mata ciliar é uma formação florestal característica de rios de médio e grande porte, onde a vegetação arbórea não é capaz de formar galerias "túneis" e sua composição florística apresenta diferentes graus de caducifólia no período de estiagem (FELFILI *et al.*, 2005).

A vegetação ripária, ou seja, a mata ciliar em junção da mata de galeria, ocorre em uma área de maior dinamicidade da paisagem, isso porque a distribuição e composição das comunidades de plantas desenvolvidas nessa unidade refletem histórias dos processos

fluviais e de perturbações não-fluviais procedidas em áreas adjacentes de maior elevação, como incêndios, ventanias, proliferação de doenças nas plantas e surtos de insetos (GREGORY *et al.*, 1991).

Conforme Ribeiro e Walter (1998) essa formação é geralmente estreita e dificilmente ultrapassa 100 metros de largura e é comum que sua faixa seja proporcional ao leito do rio, todavia, em áreas planas a largura pode ser maior.

A legislação brasileira estabelece normas sobre a proteção dessa vegetação compreendida como Área de Preservação Permanente (APP) responsável pelas funções ambientais: preservação dos recursos hídricos; da paisagem; estabilidade geológica; biodiversidade; proteção do solo; colaborar com o fluxo gênico (fauna e flora) e o bem-estar das populações humanas (BRASIL, Lei nº 12.651/2012).

O critério adotado pela legislação brasileira para a delimitação de APP circundante aos cursos d'água é a largura da calha do leito regular. Nesse sentido, cursos d'água que apresentem largura menor que 10 metros, a APP deve ser de no mínimo 30 metros; rios com largura de 10 a 50 metros devem compreender 50 metros de APP; cursos d'água que possuam de 50 a 200 metros, a APP deve ser de 100 metros; rios que tenham de 200 a 600 metros de largura, a largura de APP deve ser de 200 metros e rios com largura superior a 600 metros devem apresentar APP de no mínimo 500 metros. Além das APPs ao entorno de rios, são considerados 50 metros de faixa marginal para lagos e lagoas com até 20 hectares de superfície e 100 metros para as que apresentem acima de 20 hectares (BRASIL, Lei nº 12.651/2012).

As zonas ripárias enquanto interfaces entre os ecossistemas terrestres e aquáticos devem ser protegidas, porém não são facilmente definidas, pois são formadas em mosaicos de formas de relevo, comunidades e ambientes dentro de uma paisagem maior. O exemplo disso verifica-se durante períodos de baixa descarga de rios quando o canal ativo é exposto e passa a ser colonizado por ervas e mudas de arbustos e árvores. Quando há inundações periódicas dentro desta zona há uma retração do estabelecimento da vegetação, isto é, devido à erosão da superfície e das margens do rio, bem como aos efeitos fisiológicos dos eventos de inundação (GREGORY *et al.*, 1991).

Bertoni e Lombardi Neto (2008) expõem que a cobertura vegetal é de extrema importância, pois compreende a defesa natural de um terreno contra a erosão. Nessa perspectiva, a cobertura vegetal natural disposta ao entorno de rios promove a proteção do

sistema fluvial ao exercer a função de atenuar o escoamento superficial e, consequentemente, a erosão, também como um amortecedor para a entrada de poluentes no curso d'água proveniente de atividades agropecuárias e industriais realizadas nas encostas adjacentes.

A ausência de vegetação ciliar ou uma faixa irregular da mesma acentua as condições de escoamento superficial e o processo de erosão, resultando na maior porção de sedimentos que atingem os canais fluviais. Esses fatos promovem anomalias nas características hidráulicas dos canais naturais que modificam as feições morfológicas originais, citando como exemplo o surgimento de meandros (CARVALHO *et al.*, 2000).

Nesse sentido, Vaeza *et al.* (2010) afirmam que a falta de ações voltadas à conservação da APPs implica em grandes perdas de solo, matéria orgânica, nutrientes, biodiversidade, prejudicando, sobretudo, o equilíbrio dos sistemas fluviais.

CAPÍTULO III

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Trabalho de gabinete

Esta etapa apresenta os procedimentos referentes à construção do referencial teórico e conceitual, a confecção da base cartográfica, a aplicação de fórmulas e a tabulação de dados. Além disso, foi nessa etapa que ocorreu o procedimento amostral (determinação do número de seções, número de medidas, locais e seleção dos equipamentos a serem utilizados na atividade de campo) enquanto consequência dos estudos preliminares da área de estudo (RODRIGUES; ADAMI, 2011).

3.1.1. Elaboração do referencial teórico e levantamento das características ambientais

O embasamento teórico desta pesquisa, que contempla o conteúdo do capítulo II, ocorreu por meio do levantamento bibliográfico referente à temática do estudo com o exercício de leitura de trabalhos de caráter bibliográfico. De acordo com a proposta metodológica de Marconi e Lakatos (2011), a pesquisa visou delinear o levantamento documental de trabalhos publicados em livros, artigos científicos, monografias, dissertações e teses.

Esta etapa também incluiu o levantamento das características ambientais da área de estudo, no qual foram compiladas informações pertinentes à geologia, geomorfologia, vegetação, solo, hidrografia e clima abordados no Projeto RADAMBRASIL Folha SD.21 Cuiabá (BRASIL, 1982) e Folha SE. 21 - Corumbá (BRASIL, 1982a), no Atlas de Mato Grosso da Secretaria de Estado de Planejamento de Mato Grosso (SEPLAN), organizado por Camargo (2011), tal como em trabalhos científicos que abordaram as características ambientais da região que foram publicados em plataforma digital e/ou impressa.

Neste sentido, a pesquisa bibliográfica ocorreu deste o princípio desta pesquisa, preliminar às atividades de campo e de laboratório, e foi um exercício contínuo até o término da mesma. Essa parte pertencente à etapa de gabinete foi fundamental por ter proporcionado uma abrangência de distintos conceitos teóricos que este trabalho aborda e a construção de um quadro de referências na perspectiva de explicação e compreensão da problemática do estudo.

3.1.1.1. Confecção da base cartográfica

O presente estudo requereu a utilização do Sistema de Informação Geográfica (SIG). Nesse intento, para a análise das feições morfológicas presentes no corredor fluvial, foi realizado mapeamento tendo como base a imagem orbital do mês de agosto de 2018 disponível no *Software Google Earth Pro*.

A imagem orbital do mês de agosto foi selecionada porque não havia nuvens que obstruíssem a visualização e interpretação das feições morfológicas, além disso, a imagem do Google Earth possui alta resolução espacial permitindo identificar mesmo as pequenas feições de maneira bastante detalhada, outro pressuposto para seleção da imagem foi por corresponder à estação de estiagem que corresponde ao momento em que as feições deposicionais ficam expostas, facilitando o mapeamento.

A partir da imagem orbital, as feições foram delineadas utilizando a ferramenta polígono do *Google Earth Pro*, para isso, alguns elementos foram adotados para a interpretação visual da imagem conforme detalhado no quadro abaixo (Quadro 02).

Quadro 02 – Elementos de interpretação visual utilizados no mapeamento das feições morfológicas

Elementos de interpretação visual	**Feições morfológicas**	**Imagem orbital do *Google Earth Pro***
Tom e Forma	Rio Paraguai e baías	Verde acinzentado – curvilínea
	Lagoas	Cinza claro a verde musgo escuro/opaco – curvilínea/alongada/irregular
	Bacias de decantação	Verde musgo opaco – irregular
	Tanques	Verde musgo – retangular
	Diques	Verde musgo – curvilínea
	Barra de sedimentos	Branco brilhante – curvilínea
	Barra de sedimentos submersa	Bege opaco – curvilínea
	Ilhas	Verde musgo – irregular
Textura e Padrão	Rio Paraguai e baías	Lisa – curvilínea
	Lagoas	Lisa – curvilínea
	Bacias de decantação	Intermediaria – curvilínea/irregular/embaciada
	Tanques	Lisa – paralelo
	Diques	Rugosa – curvilínea/paralelo
	Barra de sedimentos	Lisa – curvilínea/paralelo
	Barra de sedimentos submersa	Lisa/suave rugosidade – curvilínea/irregular
	Ilhas	Muito rugosa – curvilínea/irregular

Fonte: Mello *et al.* (2018), adaptado por Luana Rodrigues de Carvalho (2019).

Posteriormente, uma pasta contendo as feições delineadas foi salva como um arquivo Kml e transferida para o SIG *ArcGis*®, versão 10.2.2, onde foram vetorizadas para gerar o produto final, o mapa de feições morfológicas.

Após, baseando-se na metodologia de Souza (2004), foi confeccionada uma tabela contendo os atributos morfológicos do corredor fluvial, como: (BA) baía; (I) ilha; (L) lagoa; diques (D); cordões marginais (CM); bacias de decantação (BD); barra de sedimentos (B); barras submersas (BS); Barra central (BC); com suas respectivas áreas calculadas com uso da ferramenta *Calculate Geometry2*. Essa técnica permitiu a classificação e comparação das áreas das feições morfológicas presentes no corredor fluvial.

3.1.1.2. Cálculo do índice de sinuosidade

Um segmento do rio pode apresentar diferentes classes de sinuosidade associados ao padrão que o canal possui. Para definir o Índice de Sinuosidade é levado em conta a relação entre o comprimento efetivo do canal e a distância do eixo do vale medido em linha reta (MELLO *et al.*, 2018).

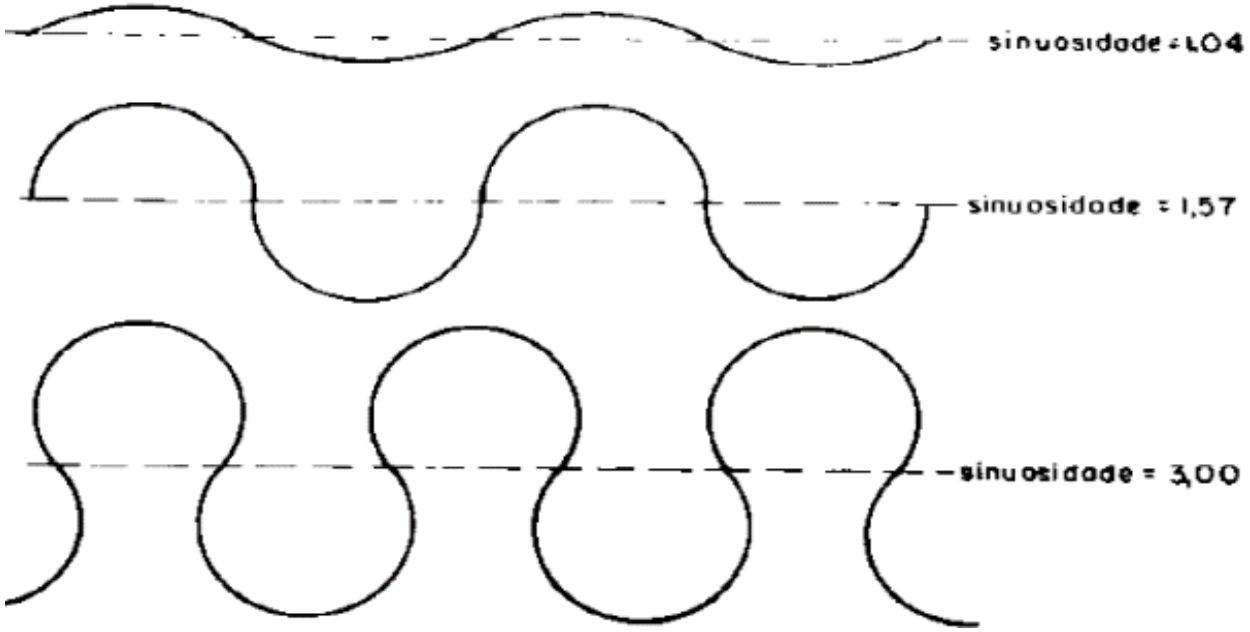
O Índice de Sinuosidade foi aplicado no segmento do Paraguai Superior, sendo o rio Paraguai entre a confluência do rio Cabaçal no rio até o ponto mais jusante localizado nas imediações da ponte Marechal Rondon, por meio da seguinte fórmula postulada por Mansikkaniemi (1970):

$$\boldsymbol{IS = \frac{100\ (L - Lr)}{L}}$$

Os percentuais de referência conforme Mansikkaniemi (1970) são: muito reto (<20%); reto (20 a 29,9%); divagante (30 a 39,9%); sinuoso (40 a 49,9%); muito sinuoso (>50%).

Nessa perspectiva, Christofoletti (1981) apresenta a dificuldade que há na distinção de quando um rio pode ser considerado como meândrico e, a fim de que se pudesse definir se um canal é ou não meandrante, o autor indica o uso Índice de Sinuosidade, tendo como base a relação entre o comprimento do canal e o comprimento do eixo do vale, semelhante a Mansikkaniemi (1970), porém, o valor referência neste é 1,5. Considera-se o canal como meândrico quando o índice é igual ou superior a 1,5., se inferior a esse número ou mais próximo de 1 é uma indicação que o canal apresenta um padrão retilíneo (Figura 04).

Figura 04 – Ilustração de diferentes Índices de sinuosidade



Fonte: Dury (1969) apud Christofoletti (1981).

Os índices de sinuosidade tanto de Mansikkaniemi (1970) quanto o de Christofoletti (1981) foram aplicados neste trabalho porque, conforme Cunha (2009), os processos de erosão, transporte e deposição se comportam de acordo com o tipo do canal, onde sua seção transversal reflete a relação entre a vazão, carga sedimentar, inclinação, largura, profundidade e rugosidade do leito. Por meio desses dados foi possível associar a velocidade do escoamento, a carga detrítica de fundo do leito com a sinuosidade que o segmento do rio apresenta.

3.1.1.3. Análise da vazão

Para obter a área na seção molhada foi utilizada a seguinte fórmula: A = L x P. Onde: A corresponde à área de seção; L à largura do canal; P à profundidade média. Mediante o resultado obtido referente à área da seção transversal tornou-se possível aplicar a fórmula do cálculo de vazão: Q = V x A. Onde Q refere-se à vazão; V à velocidade das águas; A à área da seção (CARVALHO, 2008; CUNHA, 2009; RODRIGUES; ADAMI, 2011).

3.1.1.4. Carga de sedimentos em suspensão

A medição da descarga suspensa foi efetuada a fim de obter o valor do da concentração de sedimentos suspensos que o rio transporta em seu leito. O montante

resultante do transporte total de sedimentos em suspensão em toneladas ao dia, apresentado por Carvalho (2008) é estimado por meio da seguinte equação:

$$\boldsymbol{Qss} = \sum(\boldsymbol{cssi} \times \boldsymbol{Qli}) \times \mathbf{0.0864}$$

Onde Qss corresponde à descarga sólida em suspensão (t/dia); Cssi à concentração de sedimentos em suspensão da vertical (mg/L); Qli à descarga líquida da respectiva vertical (m^3/s); 0,0864 aos segundos totais em 24 horas.

3.1.2. Trabalho de campo

A realização de atividades de campo ocorreu na sequência: cheia (22 de janeiro) e estiagem (09 de julho) de 2019. Foram definidas treze seções transversais distribuídas ao longo do segmento do corredor fluvial, sendo quatro destas localizadas no rio principal do rio Paraguai e nove seções nas feições (baías) presentes na planície de inundação leste (Figura 05).

As seções transversais foram previamente escolhidas tendo em vista as condições de acesso ainda em atividade de gabinete (antes de partir para a atividade de campo) e foram viabilizadas na primeira atividade de campo, na qual realizou-se o reconhecimento da área de estudo e efetuadas as primeiras coletas.

Além do critério de acesso das seções transversais, outros foram relevantes no momento de seleção considerando os aspectos morfológicos que chamam a atenção no corredor fluvial, por exemplo: o ponto mais a montante e mais a jusante da área de estudo (na calha do rio); a entrada e a saída de uma baía (feição morfológica); margem côncava com urbanização no entorno; no canal que circunda uma ilha; etc.

Durante a realização dos campos foram efetuadas anotações quanto as amostragens coletadas nas seções transversais e foram realizados registros fotográficos dos aspectos relevantes da área de estudo, com uso da câmera traseira, resolução de 13 MP, do smartphone de marca Motorola, modelo Moto G 5s Plus.

Figura 05 – Localização das seções transversais

Organizado por Luana Rodrigues de Carvalho (2019).

Legenda: Pontos em azul escuro destacando as seções transversais realizadas na calha do rio Paraguai e pontos em azul claro ressaltando as seções transversais realizadas nas baías da planície de inundação leste.

Nas duas atividades de campo foi crucial o uso de barco e motor para acesso às seções transversais ao longo da área de estudo, também foi essencial a formação de uma equipe composta por cinco pessoas, sendo um condutor da embarcação habilitado e as outras quatro pessoas para auxiliar na coleta das amostras e manuseio dos equipamentos utilizados no campo. Ambas atividades de campo duraram em torno de 9 horas, iniciando as 07 horas e finalizando as 15 horas. Tanto o barco como os demais equipamentos de coleta utilizados pertencem ao Laboratório de Pesquisa e Estudos em Geomorfologia Fluvial “Sandra Baptista da Cunha”, da Universidade do Estado de Mato Grosso, campus de Cáceres, Mato Grosso.

3.1.2.1. Monitoramento das variáveis hidrodinâmicas

Para mensurar a largura do canal nos pontos estabelecidos foi utilizada a ferramenta régua do *Google Earth Pro*. Para aferir a profundidade do canal foi utilizado o equipamento ecobatímetro GARMIN *echo* 301c (Figura 06A). Com uso do Sistema de Posicionamento Global (GPS) (Figura 06B), foram obtidos dados da localização em coordenadas geográficas de cada ponto de amostragem.

Figura 06 - (A) Ecobatímetro GARMIN *echo* 301c. (B) GPS GARMIN *map* 64

Fotos: Luana Rodrigues de Carvalho (2018).

O monitoramento das variáveis hidrodinâmicas, bem como as coletas de sedimentos de fundo e suspensão foram realizadas em todas as seções transversais ao longo do corredor fluvial no sentido de montante para jusante, partindo do ponto mais a montante indo em direção do ponto mais a jusante.

Para aferir a velocidade do fluxo, utilizou-se o molinete fluviométrico, modelo MLN 7 – 200.09.15 (Figura 07).

Figura 07 – Molinete fluviométrico

Foto: Luana Rodrigues de Carvalho (2018).

Esse equipamento possui uma hélice com um ponto magnético, com cada rotação na qual o ponto magnético encontra a base o contador de pulsos digital, modelo CPD – 20, um pulso é registrado, assim, quanto maior a velocidade na seção do rio, mais pulsos são registrados pelo contador. Posteriormente os pulsos foram divididos por dez (10), tempo em segundos equivalente para a captação dos pulsos. Os valores coletados dos pulsos foram validados pela tabela fornecida pelo próprio fabricante, obtendo-se a variação do fluxo e, posteriormente, a velocidade em metros por segundo (m/s) no local da coleta.

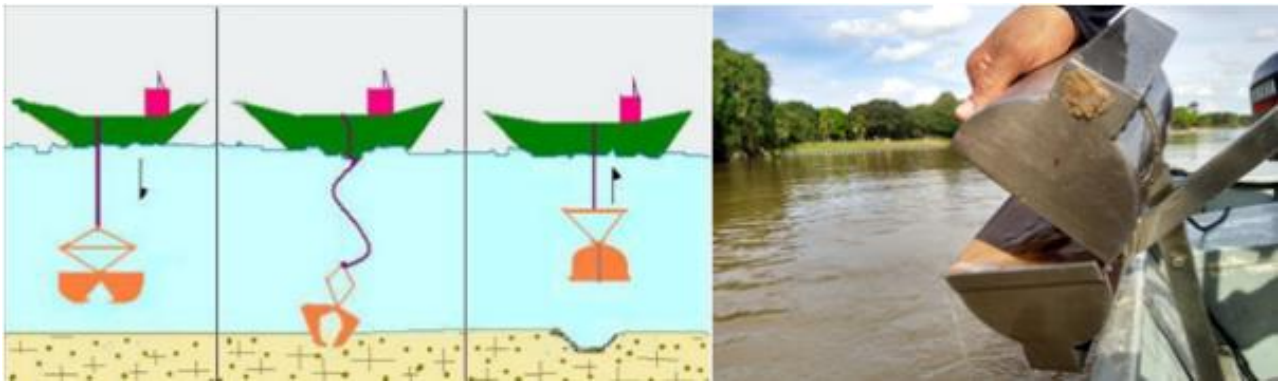
A velocidade foi medida em três pontos horizontais nas seções transversais, sendo um ponto próximo à margem direita, outro no centro do canal e o último próximo à margem esquerda para obtenção da velocidade média de cada seção. Além disso, as medições de velocidade ocorreram em três diferentes profundidades, correspondendo a 0,2; 0,4; e 0,8 multiplicado a profundidade de cada ponto dentro da seção transversal, seguindo a

metodologia de Cunha (2009). Esse exercício propiciou verificar as variações de velocidade nas seções transversais relacionando com os processos fluviais atuantes em cada ponto. Além disso, os dados de velocidade média de cada ponto foram usados para o cálculo da descarga líquida.

3.1.2.2. Coleta de sedimentos de fundo e suspensão

Para a coleta dos sedimentos de fundo utilizou-se o aparelho tipo *Van Veen* (amostrador de mandíbulas) (Figura 08), sendo coletadas amostras próximas à margem direita, no centro do canal e próximo à margem esquerda nas seções transversais. O equipamento foi lançado no rio até alcançar o fundo do canal retendo sedimentos em suas mandíbulas (Figura 08).

Figura 08 - Ilustração da coleta dos sedimentos de fundo



Fonte: Franco (2007), adaptado por Luana Rodrigues de Carvalho (2018).

Todas as amostras foram armazenadas em sacolas plásticas de 1 kg e etiquetadas com dados da localização que, posteriormente, passaram pela análise da composição granulométrica em laboratório (BÜHLER *et al.*, 2015; SOUZA *et al.*, 2013).

A carga suspensa foi coletada com um amostrador pontual denominado garrafa de *Van Dorn* (Figura 09A). As coletas procederam em três pontos nas seções transversais (próximo à margem direita, centro do canal e próximo à margem esquerda).

Figura 09 – (A) Garrafa de *Van Dorn* e (B) turbidímetro

Fotos: Luana Rodrigues de Carvalho (2018).

Dessa maneira, o procedimento consistiu em realizar uma esterilização prévia do recipiente, frasco plástico de 1 L que armazena a água-sedimento, duas vezes com a água do rio, em seguida, foram etiquetadas com os respectivos dados da localização obtidos pelo GPS e, posteriormente, condicionadas em caixa térmica com gelo até o início das análises em laboratório (máximo de 24 horas após coletadas) (BÜHLER *et al.*, 2015; SOUZA *et al.*, 2013).

Durante a atividade de campo, o parâmetro turbidez também foi levantado nas seções transversais, a fim de relacionar com o parâmetro descarga sólida em suspensão. Essa associação se justifica porque, segundo Brasil (2007), as partículas inorgânicas e orgânicas em suspensão, além da presença de outras partículas suspensas, plâncton e organismos microscópios, motivam a característica turva da água, ou seja, influenciam a passagem de luz através da água.

As medições dos níveis de turbidez foram realizadas nas amostras de água coletadas no centro do canal fluvial nas seções transversais, em ambos trabalhos de campo (cheia e estiagem). O aparelho utilizado foi o turbidímetro, marca Policontrol, modelo AP 2000 (Figura 09B), cuja unidade de mensuração é expressa em Unidades Nefelométrica de Turbidez (NTU).

3.1.2.3. Aquisição de fotografias aéreas

O sobrevoo de uma Aeronave Remotamente Pilotada (RPA), comumente conhecida como “drone”, foi executado em quatro pontos na área de estudo, a fim de obter imagens detalhadas das feições morfológicas. Para isso, foi solicitada autorização de voo junto ao Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA).

As coordenadas geográficas dos quatro pontos representativos definidos previamente para a coleta das imagens foram: 16°0'28.37"S 57°40'41.68"O (meandros abandonados); 16°2'19.12"S 57°41'6.96"O (depósitos de sedimentos); 16°3'49.82"S 57°41'31.98"O (Ilha do Malheiros); 16°3'42.13"S 57°42'21.33"O (rio Paraguai, nas imediações da praia do Julião). Os acessos às localidades foram por barco via rio Paraguai e via terrestre (carro).

O equipamento utilizado foi o drone modelo *Mavic Air* da marca *Dji,* número de série OK1UF3400D0054, cadastrado junto ao DECEA sob o número PR 270819870. A aquisição das fotografias aéreas ocorreu no dia 11 de julho de 2019, no período vespertino. A câmera usada no drone abriga um sensor CMOS de 1/3,2 polegadas com HDR e uma lente de abertura f/2.8 com uma distância focal de 24 mm (equivalente a 35 mm).

As imagens foram capturadas por foto e vídeos, sendo as fotos com resolução de 12 milhões de pixels (MP) e os vídeos com resolução de 4K (3.840 x 2.160 pixels), realizados em 360º, para que a visualização mais ampla do ponto representativo fosse registrada, para posterior captura de tela. As imagens foram armazenadas em cartão *Secure Digital* (SD) e posteriormente foram transferidas para o computador.

As condições meteorológicas (dia ensolarado, sem nuvens e baixa velocidade do vento) foram favoráveis para a captura das fotografias (verticais e oblíquas), que resultaram em imagens de boa qualidade, permitindo visualizar os detalhes das feições morfológicas.

3.1.3. Técnicas de laboratório

3.1.3.1. Método de pipetagem (dispersão total)

Para quantificar as frações de argila e silte presentes nas amostras coletadas, utilizou-se o método Dispersão Total proposto pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2017).

O primeiro passo consistiu na secagem do material a 105 °C em estufa, modelo TE-394/2 (Figura 10A), após seco, foi necessário destorroar o material em partículas menores com auxílio de cadinho e pistilo de plástico (socador de alho) (Figura 10B).

Figura 10 - (A) Estufa TE–394/2; (B) Cadinho e pistilo; (C) Balança analítica

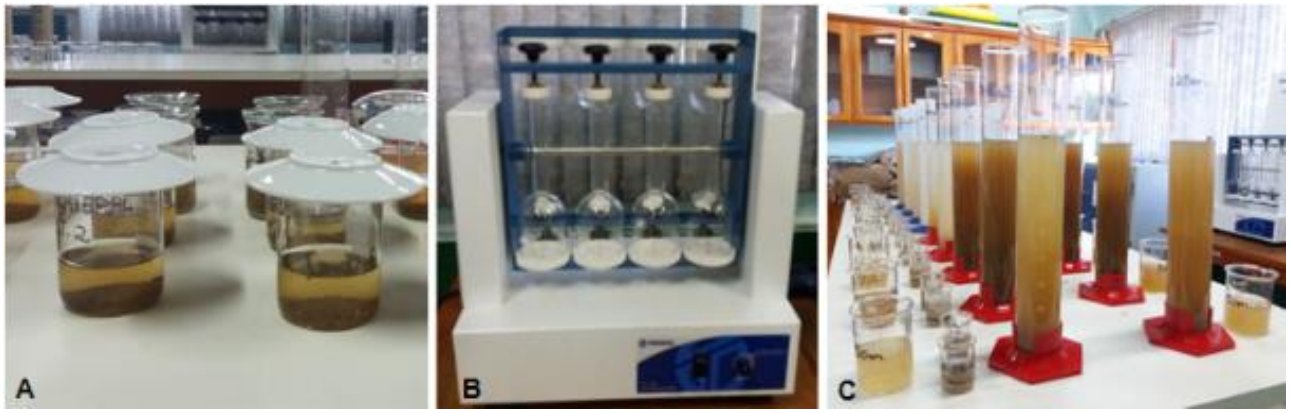
Fotos: Luana Rodrigues de Carvalho (2018).

Posteriormente, com uso da balança analítica (Figura 10C), marca SHIMADZU, modelo AUY-220, (configurada com duas casas decimais após a vírgula para aumentar a precisão do peso aferido, considerando a calibração do nível plano), foram pesadas duas amostras contendo 20 g de cada ponto coletado e, em seguida, condicionadas em béqueres contendo 10 ml de solução dispersante (NaOH 0,1 ml^{-1} - hidróxido de sódio) e 100 ml de água destilada.

O conteúdo dos béqueres foi agitado com um bastão de vidro, coberto com vidro de relógio e deixado em repouso durante 12 horas (Figura 11A). Transcorrido o período de repouso, as amostras foram agitadas durante 15 minutos, mecanicamente, no Agitador de Wagner (TE-160) (Figura 11B).

Feito isso, o material foi lavado numa peneira de 20 cm de diâmetro e malha de 0,053 mm (nº 270). As frações de areia grossa, média e fina ficaram retidas na peneira e as frações de silte e a argila foram transferidas para uma proveta que foi completada com água até atingir 1000 ml (Figura 11C).

Figura 11 - (A) Conteúdo em repouso; (B) Agitador de Wagner; (C) Provetas com sedimentos para pipetagem



Fotos: Luana Rodrigues de Carvalho (2018).

Em seguida, o material da proveta foi agitado com um bastão de vidro durante 20 segundos e, posteriormente, deixado em repouso em consonância com a tabela de temperatura - tempo de sedimentação. Após o tempo de sedimentação, uma pipeta foi introduzida no interior da proveta até a profundidade de 5 cm, sendo aspirada a suspensão (fração argila).

Após esse procedimento, tanto os materiais da pipeta quanto os da peneira foram condicionados em béqueres identificados com o ponto de coleta e com peso conhecido e levados à estufa até que a suspensão fosse completamente evaporada. Após a secagem, o material da pipeta (argila) foi pesado em balança analítica, que, ao subtrair o peso do béquer obteve-se o peso da argila. A fração de silte foi obtido por diferença das demais frações (areia e argila), em relação à amostra original (20 g).

3.1.3.2. Peneiramento

Para o fracionamento da área grossa, média e fina foi utilizado o método de peneiramento proposto por Suguio (1973). O procedimento consistiu na utilização do agitador de peneiras eletromagnético (Figura 12), com sequência de peneiras padronizadas, ou seja, da maior abertura (2.00 mm) para a menor (75 mm), onde as partículas grosseiras das amostras do procedimento de pipetagem foram agitadas durante 5 minutos na frequência de número 5. Posteriormente, o material retido em cada uma das peneiras foi pesado separadamente, determinando as frações de areia grossa, areia média e areia fina.

Figura 12 - Agitador de peneiras eletromagnético

Foto: Luana Rodrigues de Carvalho (2018).

3.1.3.3. Evaporação total

O método por evaporação total, elaborado por Carvalho *et al.* (2000), foi usado para verificar a quantidade de sedimentos transportados em suspensão. As amostras foram condicionadas em béquer de 500 ml e então secas em estufa e, posteriormente, pesadas em balança analítica por três vezes, obtendo-se uma média dos valores dos sedimentos em suspensão (mg/L).

As técnicas laboratoriais apresentadas foram realizadas no LAPEGEOF, da UNEMAT, campus de Cáceres, por comportar todos os equipamentos que foram necessários para a realização das análises propostas.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Breve histórico de ocupação

A cidade de Cáceres surgiu no ano de 1778, na margem esquerda do rio Paraguai, concomitantemente à ocupação da planície fluvial, que ocorreu sob uma perspectiva geopolítica para consolidar a fronteira sudoeste de Mato Grosso, reafirmando a posição da coroa portuguesa em relação às terras cobiçadas pela Espanha. Além disso, havia outros motivos para a fundação de Cáceres, como: a abertura da navegação fluvial entre Mato Grosso e São Paulo; fertilidade do solo e abundância de água; ponto estratégico de comunicação e conexão via terrestre entre Vila Bela da Santíssima Trindade e Cuiabá (MENDES, 2009).

Do ponto de vista econômico, a cidade de Cáceres se desenvolveu sobretudo pela abertura da navegação internacional pelo rio Paraguai, tornando-se um dos principais portos da época, facilitando o comércio e o desenvolvimento de atividades extrativistas (ouro, madeira, plantas medicinais, borracha), pecuária e agricultura, isso fez com que fosse elevada à categoria de Vila no dia 28 de maio de 1859, posteriormente elevada à condição de cidade em 30 de maio de 1874, com o nome de São Luiz de Cáceres (homenagem ao fundador da cidade e ao santo padroeiro) e, em 26 de outubro de 1938, a cidade de São Luiz de Cáceres passa a ser denominada simplesmente de Cáceres, permanecendo nesta forma até os dias atuais (MENDES, 2009; DAN, 2010).

Silva (2018) expõe que, além do aspecto estratégico, o rio tornou-se fonte de sobrevivência para a população que o utilizava para diversos fins. Segundo o autor, esse uso causou impactos mínimos no início da consolidação da cidade, mas à medida que a cidade foi crescendo e ocupando as margens do rio, o uso tornou-se intenso e, consequentemente, os impactos socioambientais também foram acentuados.

O ambiente físico foi impactado e moldado de acordo com o desenvolvimento econômico da cidade e região. O exemplo disso é a vegetação ciliar da margem esquerda do rio Paraguai que foi removida para que a área urbana de Cáceres pudesse expandir, com a construção de residências, indústrias e áreas de lazer (SOUZA, 2004).

4.2. Características ambientais da área de estudo

Para compreender os processos fluviais e morfológicos da área de estudo, é necessário, em primeiro lugar, reconhecer que os sistemas fluviais se desenvolvem de acordo com as inter-relações existentes no ambiente, tais como: a relação geologia/geomorfologia; clima/precipitação; e solo e vegetação, conforme expõe Leandro (2015).

4.2.1. Geologia / Geomorfologia

No segmento do corredor fluvial do rio Paraguai registra-se a ocorrência das Aluviões Atuais. Esta unidade geológica é composta por depósitos recentes datadas do período Quaternário da Era Cenozóica que, ainda na atualidade, se encontram em formação pela sedimentação e deposição de sedimentos retrabalhados pela dinâmica fluvial do rio Paraguai e seus tributários.

As Aluviões Atuais são constituídas por materiais inconsolidados com composição de areais, siltes, argilas e cascalhos (CAMARGO, 2011). São depósitos encontrados na planície de inundação que estão intimamente relacionados à dinâmica do rio Paraguai, que, ano após ano, nos eventos de cheia, o rio transborda água e sedimentos que são depositados no período de estiagem.

Estes depósitos são identificados pelas formas típicas de ilhas aluviais, diques marginais, meandros, lagos de meandros em colmatagem, meandros abandonados e em barras em pontal. Comumente, as aluviões nas barrancas dos rios possuem estrutura sedimentar gradacional, ou seja, a granulometria decresce da base para o topo. É estimado que esses depósitos atuais tenham espessura de no mínimo 2 metros (BRASIL, 1982).

Assim, a área de estudo embasada nas Aluviões Atuais, compreende um sistema agradacional meandriforme, formado pelos sedimentos advindos dos afluentes a montante do trecho em análise (exemplos: rio Cabaçal, rio Sepotuba, rio Bugres), que, por sua vez, são provenientes dos planaltos adjacentes, onde situam-se as cabeceiras do rio Paraguai.

Conforme Camargo (2011), a classificação de um sistema agradacional baseia-se nas diversas tipologias de processos de acumulação proporcionadas pelos sistemas geomorfológicos associados à variabilidade climática. Nesse sentido, a água nas regiões tropicais úmidas é o maior agente atuante nos processos de transporte e acumulação de sedimentos.

Para compreender a geomorfologia da planície do rio Paraguai, é preciso ter a concepção de que o Pantanal Mato-grossense constitui uma bacia sedimentar tectonicamente ativa, composta por um amplo conjunto de sistemas deposicionais em uma planície meandrante, onde o rio Paraguai é o tronco, coletor de águas e sedimentos. Devido a estes fatores, a planície do rio Paraguai produz mudanças constantes na paisagem, com diversas feições morfológicas em contínua evolução (ASSINE, 2003).

Diante do exposto, a morfoescultura do segmento estudado corresponde às planícies fluviais do rio Paraguai, caracterizadas pelo gradiente suave, na qual Souza (2004) expõem que a declividade da unidade geomorfológica é de 6 cm/km, por esse motivo, a área mantém-se alagada, periodicamente ou permanentemente. E conforme Leandro (2015), o fator de baixa declividade do terreno favorece a dinâmica morfológica do corredor fluvial do rio Paraguai, expressa pelas inúmeras feições morfológicas.

Estas feições morfológicas peculiares ao corredor fluvial podem ser positivas e negativas, estas configuram-se como baías, lagoas, braços, vazantes e canais secundários e aquelas referem-se aos cordões marginais, aos diques marginais, barras laterais e centrais.

4.2.2. Clima

Em geral, a porção sudoeste do estado de Mato Grosso apresenta características climáticas particulares à dois períodos anuais bem definidos. Conforme Souza (2004) e Leandro (2015), a distinção desses dois períodos está atrelada à distribuição das chuvas na região, ou seja, há a época chuvosa, com ocorrência de chuvas intensas e há a época de estiagem, em que os menores volumes pluviométricos são registrados, ocasionando a dinâmica da paisagem na alternância de um período para o outro.

Os autores supracitados expõem que essas condições refletem no comportamento hidrológico da bacia hidrográfica, pois com o aumento do índice de precipitação há a elevação do nível do rio Paraguai, que transborda água e sedimentos para a planície de inundação, favorecendo na manutenção e abastecimento das feições presentes na planície. Quando o nível da água do rio Paraguai se eleva, considera-se que o sistema fluvial encontra-se no período de cheias, e, quando há a redução progressiva do nível da água, diminuindo a capacidade de transporte e aumentando a ocorrência de deposição de

sedimentos, há mudanças na fisionomia da paisagem nos ambientes fluviais desse rio, sendo uma característica marcante do período de estiagem.

Segundo dados de Camargo (2011), a unidade climática da área de estudo pertence ao Mesotérmico Subúmido das Depressões e Pantanais, com temperatura média anual de 25.4/24.9 ºC, possuindo pluviosidade média anual de 1.300 a 1.400 mm, com 8 meses marcados pelos menores índices pluviométricos, correspondendo ao período de abril a novembro, enquanto que os maiores índices são registrados de dezembro a março.

Conforme Santos *et al.* (2017), a forte variabilidade pluviométrica na região, ao considerar o contraste entre os períodos chuvosos e os períodos com severas estiagens, é determinada por três fatores: pelas massas de ar orientadas pela sucessão dos solstícios de verão e inverno, assim, a Massa Equatorial Continental é atuante no verão provocando as chuvas, a Massa Tropical Continental predomina no inverno, com característica quente e seca responsável pelos períodos de estiagem, e, ainda, há a atuação da Massa Polar Antártica, que provoca as quedas de temperaturas e a manifestação de sistemas convectivos; pela posição geográfica frente aos sistemas regionais de circulação atmosférica; e aos aspectos morfológicos do relevo.

Consta no estudo realizado por Santos *et al.* (2017) que o ritmo pluviométrico anual registrado pela Estação Meteorológica de Cáceres – MT, durante a série histórica de 1971 a 2010, variou entre 950 (média mínima) a 1800 mm (média máxima) anuais na região. Essa variabilidade contrastante entre os anos com extremos chuvosos e outros com chuvas escassas no Pantanal Mato-Grossense apresenta um sério agravante, pois a irregularidade pluviométrica interfere na vida e dinâmica do ecossistema pantaneiro.

Vale ressaltar que, enquanto um sistema aberto que recebe e libera energia, o corredor fluvial recebe influência das unidades climáticas das áreas a montante que apresentam os maiores índices pluviométricos melhor distribuídos nos meses do ano. Essas unidades climáticas correspondem às cabeceiras da bacia do Paraguai Superior, localizadas no planalto, áreas fontes de sedimentos e que contribuem para a vazão da área de estudo.

Conforme observado em Camargo (2011), a precipitação média anual na bacia do Paraguai Superior decresce de montante para jusante. Na Província Serrana e no Rebordo Sul da Chapada dos Parecis, em altitude de 300 a 700 metros, nos municípios de Diamantino e Alto Paraguai, onde estão as principais nascentes do rio Paraguai, possui

pluviosidade de 1.700 a 1.900 mm; nas cabeceiras do rio Sepotuba e Cabaçal, principais afluentes da margem direita do rio Paraguai em seu alto curso, localizadas na Serra do Tapirapuã e no Rebordo Sul do Leste da Chapada dos Parecis, a uma altitude de 300 a 600 metros, apresentam de 1.600 a 2.300 mm; enquanto na Depressão do Alto Paraguai, em altitude de 200 a 300 metros, a bacia passa a ter 1.600 a 1.800 mm, até chegar na região de Cáceres, com altitude de 100 a 200 metros, com 1.300 a 1.400 mm.

Mesmo que a região de Cáceres se encontre no período de baixa pluviosidade, o nível das águas do rio Paraguai pode refletir o comportamento das chuvas em suas cabeceiras, isso se deve à natureza de baixa declividade e com amplas planícies que possuem grande capacidade de armazenamento de água, dessa forma, o sistema fluvial é marcado pela lenta resposta à precipitação (GRIZIO-ORITA; QUEIROZ, 2013). Leandro (2015) ressalta que o rio Paraguai durante o período de estiagem, mesmo que não receba abastecimento direto do volume de chuvas e do escoamento superficial, é alimentado pelo volume de água armazenado no lençol freático.

Grizio e Souza Filho (2010) ao analisar as alterações no regime da descarga do Paraguai Superior, no período de 1966 a 2005, e comparando com os dados de precipitação da bacia, concluíram que até o ano de 1980 houve um forte aumento da descarga média anual, e nesse mesmo período houve uma tendência do aumento da precipitação nas três estações estudadas (Barra do Bugres, Cáceres e Descalvados), o que pode justificar que o aumento na vazão ocorreu devido ao aumento da precipitação, mas após o ano de 1980, a relação precipitação e vazão se modifica distintamente em cada estação com a diminuição da precipitação e aumento da descarga máxima, indicando que as modificações na bacia começaram a influenciar esta relação.

Os autores acima mencionados ressaltam que o uso intensivo da terra ocorrido a partir dos anos oitenta do século XX por meio da inserção de pastagens teria provocado a diminuição da evapotranspiração o que contribuiu para a maior disponibilidade de água para o sistema fluvial e para a elevação do nível do lençol freático ocasionando o aumento das áreas das lagoas da planície de inundação, posteriormente, com a implantação da agricultura o índice de evapotranspiração pode ter aumentado, diminuindo o armazenamento subterrâneo e também os valores de descarga mínima. Assim, percebe-se que após a ocupação da bacia o escoamento superficial tornou-se mais eficiente.

Nesta perspectiva, o comportamento da descarga do corredor fluvial não está associado apenas às condições climáticas, mas também ao uso da terra desenvolvido a montante. As condições climáticas e o uso da terra da bacia em consonância com os demais fatores biofísicos da área determinam o regime de inundações do Pantanal, que influencia os principais processos bióticos e abióticos, tal como na composição das diversas unidades da paisagem (ADAMOLI, 1995).

4.2.3. Tipos de solos / Vegetação

De modo geral, a área de estudo é constituída pelo Neossolo Flúvico Tb Eutrófico, estes estão intrinsicamente associados às Aluviões Atuais e à dinâmica cíclica das cheias do rio Paraguai.

A pesquisa de Leandro (2015) corrobora afirmando que o Neossolo Flúvico Tb Eutrófico abrange maioritariamente o corredor fluvial do rio Paraguai, no trecho entre a Volta do Angical e a cidade de Cáceres, e sua origem deve à sucessão de camadas aluviais, que sem relação pedogenética entre si, pode originar Neossolos Flúvicos, e esta classe pode ocorrer em associação com Gleissolos.

Estudos realizados por Sousa *et al.* (2015) e Sousa *et al.* (2017) mostraram que há ocorrência de outras classes de solos nas margens do rio Paraguai. Nesta perspectiva, três tipos de solo foram encontrados na abrangência da área de estudo, são estes: Gleissolo Háplico Tb Eutrófico, Neossolo Flúvico Tb Endoeutrófico, e Plintossolo Háplico Eutrófico Típico.

O Gleissolo Háplico Tb Eutrófico possui horizonte A espesso, com textura média ou arenosa/média, escuro e com alto teor de matéria orgânica, são sujeitos a alagamentos periódicos, estão associados aos terraços e planícies fluviais e aos sedimentos do Quaternário e devido a isso, esse solo é formado em camadas, pois não houve tempo suficiente para o desenvolvimento de horizontes do tipo A, B e C. São solos recobertos pela vegetação de várzea do rio Paraguai, e no período de estiagem esses solos se ressecam devido ao teor de argila, formando fendas, tornando as margens fluviais vulneráveis ao processo erosivo (BRASIL, 1982; SOUZA, 2004; LEANDRO; SOUZA, 2012).

O Neossolo Flúvico Tb Endoeutrófico encontrado por Sousa *et al.* (2015) e Sousa *et al.* (2017) na região da baía Comprida possui perfil que não possibilita visualizar a atuação dos processos pedogenéticos, isso deve-se aos pulsos de inundação anuais que

trazem e removem materiais. Esse solo consta com estrutura do tipo grão simples e pouco coesa, o que o torna susceptível aos processos erosivos de ordem hídrica. A composição predominante constitui de frações granulométricas mais grossas (areias). Essa textura arenosa favorece o desmoronamento de blocos das margens, propiciando a migração lateral do canal e a formação de meandros.

Os autores supracitados constataram que apesar da textura predominantemente arenosa desse tipo de solo, as características químicas do mesmo favorecem o crescimento das plantas e a manutenção das formações florestais. Nesse sentido, destacam que a vegetação nativa exerce maior estabilidade das margens mitigando o processo erosivo, e a retirada da mesma visando o uso pecuário por meio de pastagem propicia menor resistência à erosão refletindo no aumento da carga de sedimentos no canal fluvial.

O Plintossolo Háplico Eutrófico classificado por Sousa *et al.* (2017) está relacionado ao clima da região e à dinâmica das águas do rio Paraguai, o perfil possui descontinuidade litológica indicando a deposição sedimentar marginal e, presença de mosqueados e plintitas em distintas frações do perfil.

Conforme Anjos *et al.* (2007), esta classe refere-se aos solos sujeitos ao excesso de umidade e com lençol freático mais superficial em algum período do ano. Os autores dispõem ainda que a composição de minerais argilosos contendo teor de ferro neste solo, que podem ser provenientes dos arredores mais elevados, em consonância com os ciclos alternados de umedecimento e secagem do solo, propicia à formação de mosqueados e plintitas, que evoluem para as concreções ferruginosas consolidadas, dando a característica essencial deste tipo de solo.

Além disso, este solo é propenso à erosão devido à sua composição arenosa e baixo teor de matéria orgânica, em contrapartida, possui boa fertilidade que condiciona o desenvolvimento da vegetação local (SOUSA *et al.*, 2017).

Em síntese, conforme Santos *et al.* (2013), os tipos de solos existentes no corredor fluvial possuem características granulométricas que favorecem os processos erosivos, do mesmo modo que baixos teores de matéria orgânica que proporciona uma baixa estabilidade das margens do rio Paraguai. Nesse contexto, considerando que os solos são naturalmente propensos a erosão, a vegetação assume um papel importantíssimo para a estabilidade destes.

Esta vegetação ripária, através do desenvolvimento do seu sistema radicular e fornecimento de matéria orgânica, oferece maior resistência dos solos marginais aos processos erosivos. A ausência desta oferece uma proteção natural dos solos pode promover consequências ao sistema fluvial com a intensificação da erosão e aumento da carga detrítica.

Assim como observado por Leandro (2015), é comumente observado no corredor fluvial onde há o processo de estabilização dos depósitos arenosos recentes, ou seja, nos ambientes de deposição do rio Paraguai com formação de diques marginais ou nos meandros abandonados colmatados, ocorre a vegetação pioneira composta por espécies herbáceas arbustivas e arbóreas. Segundo o IBGE (2012), essa vegetação com influência fluvial, reflete os efeitos das cheias dos rios ou das depressões alagáveis todos os anos.

A Floresta Aluvial que se desenvolve nos solos aluviais presentes nas planícies de inundação dos rios é composta por vegetação que se adapta ao encharcamento do solo durante o período de cheia (ver Figura 36, página 114). Sua composição florística é menos diversa que às formações florestais dos interflúvios, isso se deve às consequências do substrato periodicamente encharcado. Esse tipo de formação florestal possui baixo potencial madeireiro, impossibilidade de exploração agrícola e da atividade de fogo, dessa maneira, esses fatores favorecem a proteção deste tipo de vegetação (CAMARGO, 2011; SOUZA, 2004).

Especificamente, a Floresta Aluvial compreende a vegetação ripária da área de estudo. A mesma apresenta-se em uma área de maior dinamicidade da paisagem, isso porque a distribuição e composição das comunidades de plantas desenvolvidas nessa unidade refletem histórias dos processos fluviais e de perturbações não-fluviais procedidas em áreas adjacentes de maior elevação (GREGORY *et al.*, 1991).

Nessa perspectiva, pode-se citar o estudo de Castrillon *et al.* (2011), realizado em seis ilhas localizadas a jusante dessa área estudo, no qual a maior abundancia e riqueza de espécies arbóreas estão relacionadas às ilhas originadas por rompimento de colo de meandro quando comparadas às ilhas formadas por sedimentação. Os autores observaram que nas ilhas originadas pelo rompimento do colo de meandro possuem diferenças na composição florística entre parcelas do centro para as bordas dessas ilhas, demostrando a heterogeneidade na distribuição da vegetação arbórea, isso se deve pela variação hídrica

no solo, bem como pela topografia local. Nesse sentido, nas bordas há vegetação herbácea, enquanto no centro da ilha, de maior estabilidade, há vegetação arbórea.

Ainda segundo os autores supracitados, a espécie mais abundante presente em todas as ilhas foi a *Sapium obovatum*, popularmente conhecida como Sarã. Segundo Sigaud (2007), o sarã é uma espécie com resistência às inundações do Pantanal e é um importante formador da mata ciliar dos rios pantaneiros, constituindo os corredores ecológicos, além de ser uma espécie que fornece alimento e abrigo para as espécies de fauna locais.

Dado o exposto, a vegetação ripária presente no corredor fluvial está intimamente relacionada com os elementos físicos abordados: a formação geológica, a geomorfologia, as classes de solos e o clima. Vale ressaltar que há interrelações entre os componentes ambientais, no qual um exerce influência na atuação dos demais.

4.3. Características do corredor fluvial

O segmento do corredor fluvial em estudo compreende desde a confluência do rio Cabaçal com o rio Paraguai e se estende até as imediações da Ponte Marechal Rondon, na cidade de Cáceres, Mato Grosso. Em síntese, a área de estudo é composta pela calha fluvial e sua planície de inundação, produto das inter-relações entre os componentes ambientais, como os tipos de solos, o clima e a vegetação, que proporcionam as condições necessárias para o funcionamento desse sistema fluvial.

O rio Paraguai nesse trecho possui padrão meandrante, em que há predominância dos processos erosivos nas margens côncavas e deposição de sedimentos nas margens convexas. Em sua planície de inundação há inúmeras feições morfológicas, com uma grande variedade de formas sujeitas a evolução ou desaparecimento, por meio da ação dos processos fluviais e por intermédio das atividades antrópicas que aceleram os processos, alterando a paisagem.

Na abrangência da área de estudo existem diferentes tipos de uso que afetam o sistema fluvial direta ou indiretamente. O uso urbano ocorre na margem esquerda do rio Paraguai, onde se localiza a cidade de Cáceres. Nos corpos de água há o uso voltado à pesca embarcada e nas margens verifica-se a modalidade de pesca de barranco. Além disso, as margens com presença de “praias”, próximas à cidade, são frequentadas por pessoas em busca de lazer. Algumas porções da planície de inundação são utilizadas como

pastagem para o gado. Por consequência, esses tipos de usos proporcionam alterações no corredor fluvial, repercutindo na dinâmica fluvial e nas feições morfológicas dispostas na planície.

O presente capítulo apresenta a identificação das feições morfológicas, assim como a análise dos dados obtidos referentes às variáveis hidrodinâmicas, sedimentos de fundo e suspensão de treze seções transversais distribuídas ao longo do rio Paraguai.

4.3.1. Padrão de canal e processos associados

Estudos geomorfológicos em sistemas fluviais são cruciais para a compreensão dos processos e formas presentes nesses ambientes cuja dinâmica da paisagem é constante. Partindo desse pressuposto geomorfológico, a identificação do padrão de canal tornou-se um pontapé inicial que permitiu estabelecer as características da dinâmica fluvial do corredor fluvial do rio Paraguai.

A análise longitudinal demonstrou que o comprimento do canal principal do rio Paraguai, entre a foz do rio Cabaçal e a ponte Marechal Rondon (L), foi de 14,62 km, e o comprimento em linha reta (Lr), partindo do ponto A (montante) para B (jusante), referente ao mesmo percurso foi de 4,53 km (Figura 13).

Por meio dos dados obtidos, o rio apresentou o valor de sinuosidade de 41,65%, enquadrando-se na classe sinuoso, de acordo com a classificação de Mansikkaniemi (1970). O índice de sinuosidade do canal, conforme a proposta de Christofoletti (1981), é de 1,71, corroborando com o resultado da classificação anterior de que o rio é sinuoso e possui padrão meandrante, com oito curvas (meandros), exibindo uma configuração longitudinal assimétrica.

Uma característica notória neste segmento do rio Paraguai é que as barras em pontal são mais evidentes nos meandros de curvas mais acentuadas. Dito isso, dentre os oito meandros do canal ativo, há três que possuem a margem convexa com característica deposicional marcante no período de estiagem, que é quando as barras em pontal ficam mais evidentes. Estas geoformas deposicionais, conhecidas regionalmente como praias (ex.: Praia do Julião), são frequentadas pela população que busca lazer nos finais de semana.

Figura 13 – Base para o Índice de Sinuosidade do canal principal

Fonte: *Google Earth Pro* (2019), organizado por Luana Rodrigues de Carvalho (2019).
Legenda: Seta indicando a direção do fluxo. A = ponto mais montante, confluência do rio Cabaçal no rio Paraguai; B = ponto mais jusante, nas imediações da Ponte Marechal Rondon, na BR 070.

Como mencionado anteriormente, a erosão nas margens côncavas é um processo natural e pode ser acentuado por diversos fatores, como eventos de natureza climática e por atividades antrópicas diretas e indiretas nos canais fluviais. A intensidade dos processos erosivos nas margens do rio Paraguai tornou-se motivo de preocupação a partir do instante em que a rodovia da BR 070 passou a ser alvo iminente da erosão fluvial caso ações que visassem conter tal processo não fossem realizadas com eficiência.

Estudos visando a avaliação da erosão na margem direita do rio Paraguai no trecho próximo à rodovia foram realizados por Silva *et al.* (2007b). No ano de 2006, o canal estava distante da BR 070 cerca de um pouco menos de 60 m e, preocupados com o avanço erosivo nessa margem, em virtude da localização próxima da BR, os autores monitoraram a erosão com uso de estacas, com medições mensais, de janeiro a julho de 2006.

Os resultados alcançados pelos autores supracitados apontaram que em alguns pontos a erosão foi alta, variando de 1 m a 5 m, e que medidas deveriam ser adotadas para a minimização desse processo erosivo, visto que o canal possui a tendência de mudar de curso e consumir o aterro da BR, causando caos e prejuízos econômicos incontáveis.

A medida visando a contenção da erosão foi adotada pelas autoridades municipais somente cerca de 8 anos após o estudo mencionado, porém, devido a continuidade do processo erosivo, a margem apresentava-se apenas a 15 m de distância da BR. Atualmente, o enrocamento (paredão de pedras com extensão de aproximadamente 900 metros e cerca de 8 metros de profundidade) encontra-se na margem côncava freando os processos erosivos (LEANDRO, 2015).

Situação crítica de erosão fluvial também foi encontrada por Souza (2004) e Silva *et al.* (2008b) no bairro São Miguel, no perímetro urbano de Cáceres, pois os efeitos da erosão, mensurados por meio da técnica de pinos de erosão (primeiro trabalho mencionado) e por meio do uso de sensoriamento remoto (abordado no segundo trabalho), atingem treze terrenos residenciais, em uma abrangência de 179 metros na margem.

Souza (2004) registrou uma magnitude de erosão de 1,27 cm, no período de 11 meses de monitoramento, enquanto que Silva *et al.* (2008b) mensuraram uma média de 70 cm de erosão por ano, no período de 28 anos. Em ambos trabalhos, os autores mencionaram que o grau de urbanização e a total retirada da vegetação favorecem os processos erosivos, seja propriamente pela ação fluvial ou pelo aumento da velocidade do escoamento superficial.

Além da característica marcante de escavação nas margens côncavas e deposição de sedimentos nas margens convexas, canais de padrão meandrante estão comumente associados ao gradiente moderadamente baixo, segundo Cunha (2013).

A altitude do nível da água rio Paraguai, em relação ao nível do mar, nas proximidades da foz do rio Cabaçal, apresentou 119 metros, e no ponto mais a jusante da área de estudo, nas imediações da ponte Marechal Rondon, constou 114 metros. O

gradiente do canal, calculado por meio da diferença da altitude entre as duas extremidades do canal em relação ao comprimento do talvegue, apontou o valor de 34 cm/km, isto é, a declividade da superfície da água é de 34 centímetros a cada 1 quilômetro, no sentido jusante.

Conforme Vervloet (2014) é o gradiente do canal, promovido pela força da gravidade, que condiciona a água para jusante no curso do rio, influindo na velocidade do fluxo do mesmo modo que na energia do canal fluvial.

Estudos realizados por Silva *et al.* (2008a) e Souza (2004) evidenciaram que o sistema fluvial do rio Paraguai superior, no segmento entre a porção sul da cidade de Cáceres até as imediações da Ilha de Taiamã, possui baixa energia devido ao suave gradiente do canal, cerca de 6 cm/km, e à baixa velocidade do fluxo.

Outra variável importante observada em canais meândricos é a relação largura/profundidade (w/d), pois, conforme Christofoletti (1980), está associada a velocidade da migração dos meandros. Nesse sentido, o rio Paraguai no trecho em estudo apresentou valores que variam de 31,63 a 75,37, sendo que a razão média foi de 51,51, referente à batimetria aferida nos quatro pontos amostrais no rio principal realizada nas duas atividades de campo, diferindo dos valores definidos por Schumm (1985) para o padrão meandrante regular (relação w/d maior que 10 e menor que 40).

Porém, embasando-se na perspectiva de Christofoletti (1980), de que os valores que constam relações baixas indicam que a movimentação do canal é rápida, enquanto que os valores elevados apontam uma maior estabilidade na mobilidade do canal (o autor cita o exemplo do baixo rio Ohio enquanto canal com grande estabilidade, com valores entre 80 e 130), pode-se considerar que o atual curso do rio Paraguai encontra-se em um relativo estado de estabilidade, ou seja, a mobilidade do canal no âmbito da planície não é tão rápida, mas também não apresenta uma alta estabilidade.

Ao considerar os registros sedimentológicos da Companhia de pesquisas em recursos Minerais (CPRM), citados na pesquisa de Souza (2004) e, posteriormente no trabalho de Silva *et al.* (2008a), a proporção de carga de fundo no rio Paraguai apresentou 19,2% do total transportado. Por obter mais de 11% de carga de fundo, o rio Paraguai possui a característica de um padrão de canal mais energético, o entrelaçado, segundo a classificação de Schumm (1985). Além disso, os autores supracitados expõem que a baixa

velocidade do fluxo, menor que 1,5 m/s, coincide com o aspecto de baixa energia do padrão de canal anastomosado ou retilíneo.

Levanta-se a hipótese de que possa haver a coexistência de características de distintos padrões de canal neste segmento, mesmo com a predominância de parâmetros comuns ao padrão meandrante. Além dos atributos já mencionadas, o rio Paraguai apresenta um canal secundário (baía Comprida) que conecta um conjunto de baías sobre a planície de inundação leste, exibindo um aspecto ramificado com canais que circundam as grandes ilhas neste trecho.

Todos as características aqui levantadas são cruciais para o entendimento do funcionamento do corredor fluvial, visto que a dinâmica fluvial e as feições morfológicas estão intrinsecamente associadas ao tipo de padrão de canal.

4.3.2. Feições morfológicas

O corredor fluvial dispõe de “cicatrizes” que indicam a dinâmica pretérita e atual de erosão e deposição de sedimentos do rio Paraguai por meio das inúmeras feições morfológicas de dimensões variadas como lagoas e meandros abandonados que formam as feições negativas existentes na planície de inundação, depósitos de canais como barras submersas, centrais e ilhas fluviais, depósitos nas margens e nas bordas da planície aluvial caracterizados como barras laterais, cordões marginais e diques marginais (Figura 14).

Por meio da análise de detalhe das feições morfológicas na imagem de satélite de agosto de 2018, disponível no *Software Google Earth*, registrou-se a presença de 27 barras submersas, 140 barras laterais, 04 barras centrais, 29 cordões marginais, 10 diques marginais, 12 ilhas, 160 lagoas, 15 baías e 28 bacias de decantação (Tabela 01).

Nota-se que as feições morfológicas estão mais concentradas na planície leste, que se estende até margem esquerda da baía do Malheiros, apresentando entre 2 e 5 km, maior extensão e mais desenvolvida em termos de feições morfológicas em relação à planície de inundação oeste, com extensão entre 500 metros e 2 km. Esse fato se justifica pela constatação de que o rio Paraguai está migrando para oeste, seja por meio da condicionante da neotectônica agindo na região ou demais fatores que serão abordados adiante.

Tabela 01 - Feições morfológicas mapeadas referente a imagem do ano de 2018

Tipo de feição	Forma	Quantidade				
		Comp. I	Comp. II	Comp. III	Comp. IV	Total
Feições morfológicas positivas	Barras submersas	7	2	17	1	27
	Barras laterais	33	31	46	30	140
	Barras centrais	-	-	1	3	4
	Cordões marginais	7	6	10	6	29
	Diques marginais	3	-	5	2	10
	Ilhas	2	3	5	2	12
Feições morfológicas negativas	Lagoas	74	35	44	7	160
	Baías	5	2	7	1	15
	Bacias de decantação	3	3	7	15	28

Elaborado por Luana Rodrigues de Carvalho (2019).

O surgimento das feições morfológicas está associado a migração lateral do canal. Com diminuição do fluxo, os canais ficam estreitos, alguns perdem a conexão, no leito ocorre a formação de cordões marginais, diques marginais, barras centrais e laterais, e na planície ocorre a formação de lagoas e baías.

Neste segmento do corredor fluvial, a diferenciação no tamanho da planície leste e oeste muda a partir da ilha do Malheiros em direção jusante, pois é onde o perímetro urbano de Cáceres encontra-se na margem esquerda do canal principal do rio Paraguai. A margem direita com característica de planície de inundação é cortada pela passagem da BR 070, enquanto a margem esquerda constitui áreas urbanizadas, portanto, um terraço fluvial com paisagem antrópica.

Visando o melhor detalhamento e visualização das feições o corredor fluvial foi dividido em quatro compartimentos. Na sequência, os compartimentos serão abordados de montante para jusante, em conformidade com a ordem crescente (Figura 15).

Figura 14 – Feições morfológicas no corredor fluvial

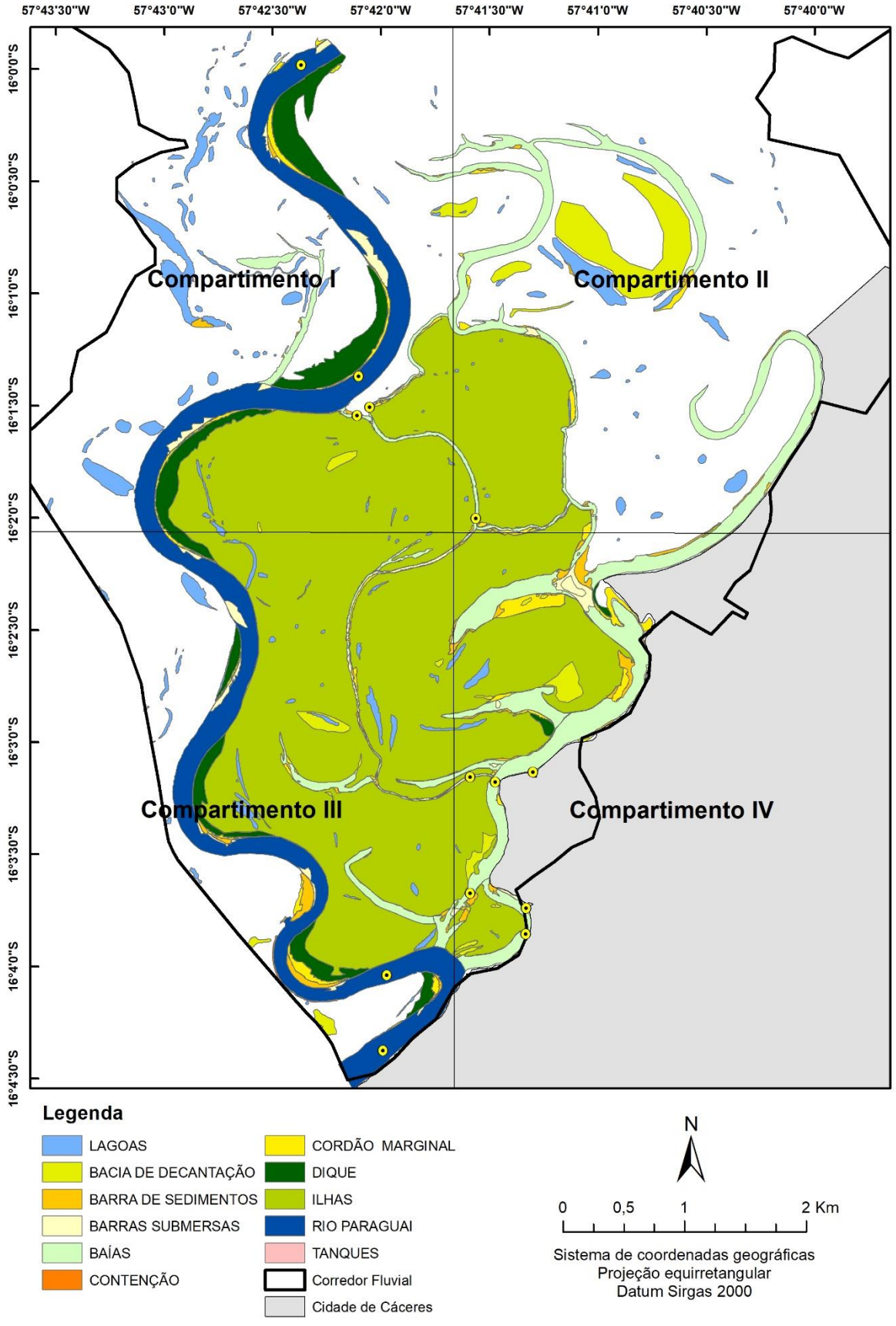
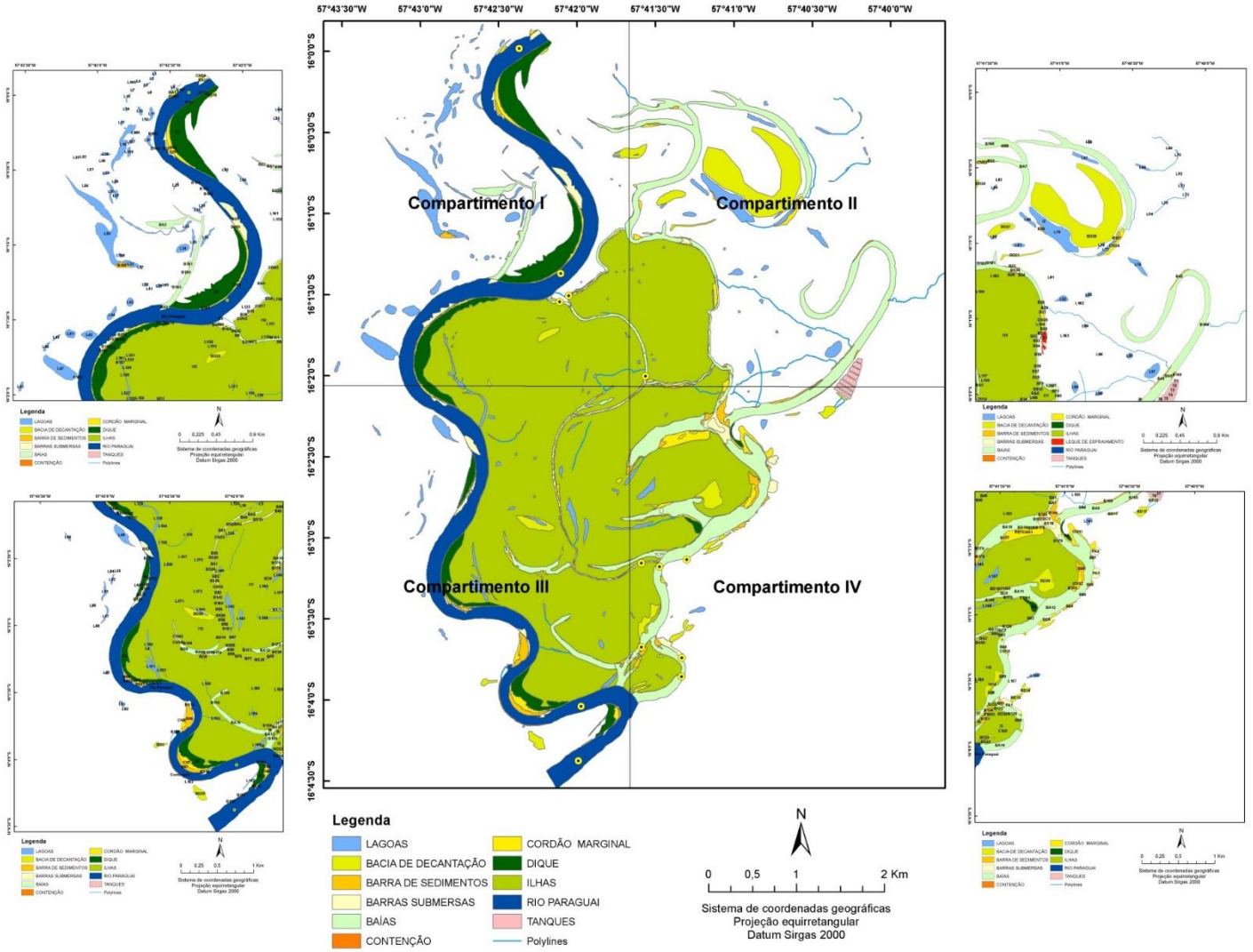


Figura 15 – Croqui mostrando o corredor fluvial dividido em quatro compartimentos



4.3.3. Compartimento I

O compartimento I compreende três meandros do rio Paraguai e parte da planície de inundação oeste e, por estar localizado no trecho a jusante da foz do tributário da margem direita do rio Paraguai, o rio Cabaçal, a planície de inundação também pertence ao baixo curso do afluente citado.

Neste compartimento existem tanto feições positivas quanto feições negativas. Entre as feições positivas estão: 7 barras submersas, sendo 5 no rio Paraguai e 2 presentes nas baías; 33 barras laterais; 7 cordões marginais; 3 diques marginais e 2 ilhas, sendo que as mesmas aparecem parcialmente.

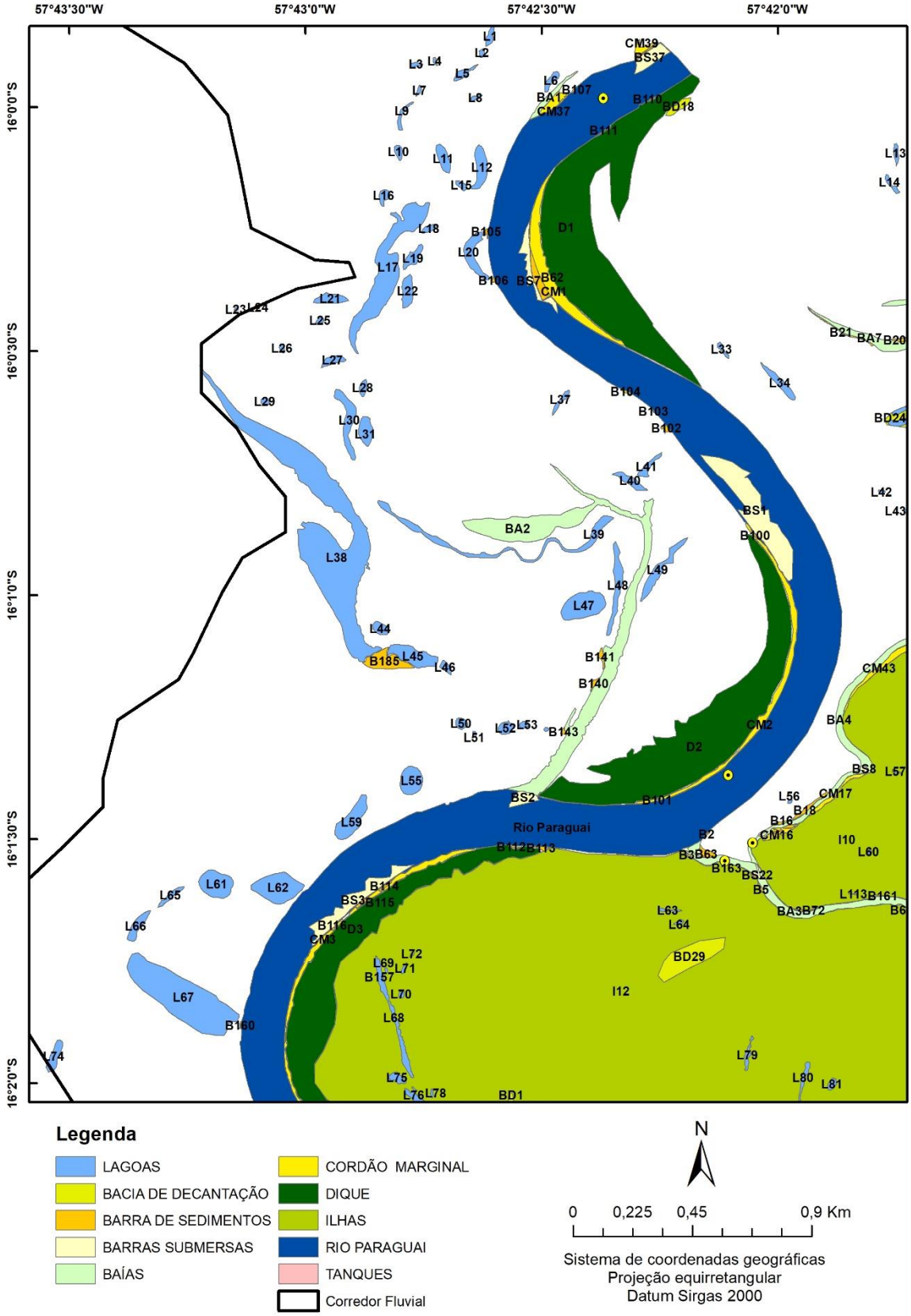
As feições morfológicas negativas constam: 74 lagoas, sendo 51 na planície oeste e 23 na planície leste; 5 baías, sendo 2 com desembocadura na margem direita do rio Paraguai e 3 (aparece parte das baías na figura) localizadas na planície leste e 3 bacias de decantação (Figura 16).

Os três meandros do rio Paraguai que aparecem neste compartimento possuem curvas mais suaves, geometricamente com maiores comprimentos de onda, com média de cerca de 3,1 km, e, por essa razão em consonância com as condições de fluxo, as barras de sedimentos por acréscimo lateral, barras em pontal, são menos desenvolvidas em termos de área, sendo a maior, a B62, na margem convexa mais a montante, com 4.083 m^2.

As barras submersas, que são depósitos de preenchimento de canal presentes no rio Paraguai, estão associadas às margens convexas dos meandros. Essa face da curva do rio de menor velocidade do fluxo favorece a deposição desses sedimentos arenosos que podem emergirem à medida em que há a diminuição do nível da água.

Vinculados à margem convexa dos meandros também estão os cordões marginais convexos e os diques marginais. À medida que a barra lateral passa a se estabilizar pela sedimentação de materiais finos e colonização de vegetação rasteira, gramíneas, herbáceas e espécies de cipós que se ramificam pela superfície, esta recebe a nomenclatura de cordão marginal.

Figura 16 – Feições morfológicas no compartimento I



Esse conjunto de feições promove o aspecto rampeado da borda dessa margem. Os processos progressivos de anexação barras laterais, evolução de cordões marginais e formação de diques marginais, pelas condições de acréscimo deposicional lateral e vertical nas margens convexas, configura-se em uma das formas de construção da planície de inundação do corredor fluvial do rio Paraguai.

Segundo Stevaux e Latrubesse (2017), a origem dessas feições se dão pela formação das espirais de meandro (*meander scrolls*), feições de acresção lateral, com forma de meia-lua, originadas pelo desenvolvimento das barras em pontal. Essas feições, abordadas por Leli (2015) como espiras de meandro, expressam um aspecto suavemente ondulado do relevo da planície aluvial através de uma sequência de cristas e depressões ou calhas alongadas, que são produtos das paleobarras e paleoressacos (formados a partir de um canal com a extremidade montante fechada) que se desenvolveram paulatinamente ao longo do tempo.

Amparando-se no trabalho de Leli (2015) e trazendo para as condições da área de estudo, as áreas deprimidas encontradas no corredor fluvial do rio Paraguai recebem maior influência de umidade, seja pelas águas pluviais que se acumulam nessas unidades, pelas águas inundadas do rio Paraguai, ou até mesmo pela alimentação vertical procedida pelo lençol freático pouco profundo, desse modo, tornam-se ambientes úmidos propícios para o surgimento e manutenção de pequenas lagoas e bacias de decantação que são colonizados por vegetação aquática, espécies gramíneas e herbáceas (estas se reservam aos compartimentos mais secos).

No pantanal, esses ambientes sazonalmente inundados são conhecidos como campos de inundação. Esses compartimentos circundam as áreas mais elevadas e possuem alta umidade devido o retardamento do escoamento superficial proporcionando pela baixa declividade do terreno e lençol freático subaflorante que torna o processo de infiltração mais vagaroso (SOUZA *et al.*, 2006).

Os ambientes deposicionais mais elevados da planície com menor influência de umidade são favoráveis para o desenvolvimento de espécies vegetais lenhosas, de maior porte, arbustivas e arbóreas (PRADO *et al*, 1994). Regionalmente, estas geoformas aluviais mais elevadas são denominadas de “cordilheiras”. Souza *et al.* (2006) descrevem que as cordilheiras constituem pequenas elevações que variam entre 2 e 3 metros em relação ao

nível da água do campo de inundação, que não recebem inundação do rio Paraguai, com exceção dos eventos de inundação excepcionais.

As características dos tipos de vegetação encontradas no corredor fluvial estão associadas à dinâmica de inundação do rio Paraguai e à dinâmica hidrossedimentológica desse sistema fluvial, que resulta no mosaico de aspecto ora rugoso, referente às áreas de vegetação de maior porte, ora homogêneo e de textura lisa composto por espécies gramíneas e herbáceas, que compõem o ambiente dos campos de inundação.

Tendo em vista as características do relevo aluvial previamente abordadas, o compartimento I destaca-se por conter o maior número de feições morfológicas, maioritariamente de lagoas de pequena dimensão, que são registradas na planície de inundação oeste. Essas lagoas possuem formas distintas e anômalas, apresentando tanto características circulares, alongadas ou irregulares, dentre estas, algumas se destacam e serão apresentadas a seguir.

As lagoas L1, L2, L3, L4, L5, L7, L8 e L9 estão associadas a um antigo canal pertencente ao baixo curso do rio Cabaçal, que com o decorrer dos anos passou pelo processo de colmatação, configurando, atualmente, nas pequenas lagoas existentes nas porções mais deprimidas do relevo.

Observando as “cicatrizes” desse antigo canal, que são mais visíveis na imagem do ano de 2002, disponível no *Google Earth*, foi possível delinear com linhas tracejadas a forma que o canal possuía até desaguar no rio Paraguai. A largura média mensurada de 20 metros é semelhante a largura de outros canais secundários ativos e abandonados do rio Cabaçal (destacados nos retângulos vermelhos), condizendo com a afirmação de que esse canal, no passado, possa ter sido um dos canais do rio Cabaçal em seu baixo curso (Figura 17).

Figura 17 – Antigo canal pertencente ao baixo curso do rio Cabaçal

Fonte: *Google Earth Pro* (2019), organizado por Luana Rodrigues de Carvalho (2019).
Legenda: Linha pontilhada indicando o antigo canal e os retângulos em vermelho apontando canais de largura semelhante.

Esse canal possivelmente foi abandonado devido a própria dinâmica fluvial de migração meandrante do rio Cabaçal. Situação semelhante de intensa deposição de sedimentos e abandono verifica-se no canal secundário que circundava a ilha próxima a foz no ano de 2002 (Figura 17). Nos dias atuais, o canal perdeu praticamente toda a conexão tanto com o rio Cabaçal, quanto com o rio Paraguai, situação nítida no período de estiagem.

Na pesquisa de Lima (2018) foi constatado que no baixo curso do rio Cabaçal está havendo um intenso processo de sedimentação que está intimamente associado a litologia da bacia, tipos de solos e os usos da terra, além da forte dinâmica meandrante do canal. Todos esses fatores promovem a deposição acentuada de sedimentos nos canais secundários levando-os a perda de conexão direta com o canal principal e ao abandono na planície de inundação.

As lagoas derivadas desse antigo canal possuem influência das inundações tanto do rio Cabaçal como do rio Paraguai quanto a recepção de água e sedimentos. Com o processo de sedimentação e deposição de sedimentos nessas lagoas é esperado que

diminuam a profundidade paulatinamente, podendo desaparecer ou mascarar-se na planície de inundação.

As lagoas L61, L62, L65, L66 e L67 também estão associadas a um antigo canal. No passado, o ambiente ocupado por essas feições formava a baía da Campina. Esta possuía conexão com o rio Paraguai tanto a montante quanto a jusante, configurando-se em um canal secundário de pequena extensão, originado pelo processo de corte de corredeira, uma das formas de migração meandrante do rio Paraguai.

Outra lagoa de configuração peculiar neste compartimento refere-se a L20. Levanta-se a hipótese de que a gênese dessa feição se reporta ao processo de erosão diferencial da margem.

Cândido (1971) cita que a composição granulométrica menos coesa, de consistência fraca, favorece a erosão das margens no processo de mobilidade de um canal meandrante. Em vista do exposto, a erosão diferencial pode ter sido o motivo da esculturação dessa antiga baía, que hoje, por estar obstruída na extremidade montante e jusante por depósitos arenosos (B105, B106), forma uma lagoa na planície que é alimentada por água e sedimentos nos eventos de inundação do rio Paraguai.

A lagoa L38 disposta na planície oeste destaca-se pela forma irregular alongada e por ser a maior lagoa em termos de área, contando com 124.254 m^2. É possível induzir que no passado essa feição apresentava área ainda maior, pois as lagoas menores L45 e L46 aparentemente eram conectadas a ela. Por constar um ambiente lêntico de decantação de materiais finos, os segmentos nas extremidades tornam-se menos profundos com o passar do tempo, podendo haver a separação de corpos de água pela deposição desses sedimentos, nesse caso, a barra de sedimentos B185 assume, topograficamente, um divisor natural das lagoas L38 e L45.

Na margem oeste da lagoa há algumas propriedades com residências e verifica-se o uso por pastagem (Figura 18). Por esse motivo, a vegetação nativa do entorno da lagoa foi alterada.

Ao considerar sua posição na planície de inundação, mesmo que mais afastada do rio Paraguai, a L38 exerce função ecológica importante para a área, pois constitui uma lagoa perene que nos eventos de inundação conecta-se às lagoas menores adjacentes, que são conjuntamente abastecidas de água e sedimentos tanto pelo rio Cabaçal quanto pelo rio Paraguai.

Figura 18 – Residências na margem oeste da Lagoa L38

Fonte: *Google Earth Pro* (2019).

Tendo como base a legislação brasileira sobre a proteção de vegetação nativa, a ocupação do entorno dessa lagoa é irregular, visto que é estabelecido uma faixa marginal de Área de Preservação Permanente - APP de 50 metros para lagoas naturais, em zonas rurais, com até 20 hectares de superfície (BRASIL, Lei nº 12.651, 2012).

As duas baías encontradas na planície oeste neste compartimento possuem conexão perene com o rio Paraguai somente na extremidade jusante do canal, configurando-se enquanto pequenos braços do rio principal (termo regional). A menor baía (BA1), com área de 3.631 m^2, está situada a jusante da foz do rio Cabaçal, enquanto a baía de maior dimensão (BA2) corresponde a baía do Quati, com área de 96.970 m^2.

Segundo estudos realizados por Leandro e Souza (2012) e Silva *et al.* (2013), a baía do Quati, no passado, desempenhava a forma de canal secundário. Ambos os autores constataram que na confluência com o rio Paraguai a baía apresenta um ambiente de deposição, com composição granulométrica predominante de sedimentos finos, propiciando o desenvolvimento de uma barra submersa (identificada no mapeamento como BS2) que pode emergir na superfície em níveis baixos de água enquanto barra central.

Silva *et al.* (2013) defendem que essa feição poderá evoluir para canal principal através do corte do colo do meandro. Os autores justificam que esse processo poderá ocorrer porque no período de cheia a baía apresenta duas entradas de água a montante que poderão incisar esse trecho, causando o rompimento do meandro, reduzindo assim, a sinuosidade do segmento.

Na margem esquerda do rio Paraguai localiza-se a entrada da baía Comprida (BA3), canal secundário com conexão a montante que deságua a jusante em outra baía. Corroborando com Leandro *et al.* (2014), essa baía promove a dinamicidade rio-planície no corredor fluvial, partindo do pressuposto de que essa feição porta-se como o tronco que fornece água e sedimentos para a planície de inundação e para as demais baías que se ramificam da baía Comprida (BA4 e BA5, esta aparece no compartimento II).

Vale frisar que esse conjunto de baías com largura média de 30 metros, cerca de 5 vezes menor que a largura do rio ativo e do paleocanal (baía do Iate), estão dispostas na planície estabelecendo conexões entre o ativo e antigo canal do rio Paraguai, condicionando a dinâmica da paisagem. Essa peculiar rede de drenagem composta por baías desperta curiosidade e indagações quanto a sua formação. Levanta-se dois fatores que podem ter sido responsáveis pela formação e atual registro dessas feições morfológicas.

A baía Comprida recorta a planície de inundação, formando uma grande ilha com morfologia irregular, assimétrica (I12, com 3.061.245 m^2). Tendo como base o trabalho de Leli (2015), essa situação de formação de ilha concerne ao processo fluvial “extra-canal”, originada a partir da avulsão de um canal na planície que volta a ter conexão com o canal principal a jusante, e não originalmente por deposição do material transportado.

Nesse sentido, a gênese desse canal secundário pode ter ocorrido pelo rompimento do dique da margem esquerda. Esse fato teria ocasionado a entrada da água com poder erosivo na planície, que seguiu as porções mais rebaixadas da planície, “cicatrizes” deixadas pela migração do rio Paraguai, escavando o leito do canal secundário que hoje encontra-se estabelecido.

Assine (2003), em seu estudo na região do Pantanal, constatou que a agradação do leito fluvial ocorre simultaneamente com a formação dos diques marginais. Essa condição forma uma diferença hidrostática entre a água do canal e da planície, favorecendo o rompimento do dique e o avanço da água sobre a planície em direção jusante,

acompanhando a topografia aluvial que oportuniza o escoamento acanalado, podendo reestabelecer conexão com o canal principal.

A outra situação quanto a origem dessas baías possui carácter climático. O estudo realizado por Macedo (2013) na planície do rio Paraguai, no trecho entre a lagoa Vermelha à confluência do rio Miranda, também na região do Pantanal, vem de encontro com essa hipótese.

O autor supracitado encontrou em sua área de estudo paleoformas classificadas como canal-diques, feições semelhantes às encontradas no objeto de estudo desta dissertação, canais com dimensões bem inferiores comparados ao atual canal do rio Paraguai, apontando que essa rede de drenagem composta por canal-diques teve gênese em período de clima mais seco (transição do Pleistoceno para o Holoceno), com baixa vazão em que o rio Paraguai fluía. À medida que adentrou em um clima mais úmido com aumento da carga sedimentar, o rio passou para o padrão meandrante com bifurcações em inúmeros braços, truncando os canal-diques, construindo os paleocinturões de meandros *anabranching*.

Nessa perspectiva, não se descarta que a rede de drenagem formada pelo conjunto de baías na planície leste tenha se formado pela avulsão da planície impulsionada pela diferença hidrostática, bem como pelas mudanças das condições climáticas da região que pode ter ocasionado a sobreposição de padrões fluviais. No entanto, pesquisas aprofundadas precisam ser realizadas a fim de sanar as questões levantadas quanto as condições de formação e período geológico em que essas feições foram imprimidas na planície de inundação.

Ainda, no que tange as feições negativas, estão as bacias de decantação registradas na planície leste. Essas unidades compõe as porções mais deprimidas da planície de inundação, e diferente das lagoas, essas feições não apresentam lâmina de água “lisa”, mas constitui uma área que se mantem úmida durante o ano todo. Por receber as inundações periódicas e ser um ambiente lêntico, as partículas mais finas, silte e argila, são decantadas nessas feições.

4.3.4. Compartimento II

O compartimento II compreende parte da planície de inundação leste e contém a continuidade das feições apresentadas no compartimento I. Foram registradas 31 barras laterais, 2 barras submersas, 35 lagoas, 3 bacias de decantação, 6 cordões marginais, 3 ilhas (além dessas 3 ilhas há a I10, que não foi contabilizada porque já foi considerada no compartimento I), 2 baías (a BA7 que aparece neste compartimento não foi contabilizada por aparecer no compartimento I), e 6 feições de origem antrópica caracterizadas como tanques (Figura 19).

Foram constatados vestígios que indicam que a migração do canal ativo encontra-se na direção oeste, e tal fato pode ser verificado pela presença de meandros abandonados (classificados no mapeamento como BA7), em forma de ferradura, ou *oxbow lakes,* de acordo com a literatura internacional, indicando que o canal migrou de leste para oeste (Figura 20). Esses meandros abandonados constituem ambientes lênticos que não possuem conectividade direta com o rio principal, entretanto, ainda mantém conectividade com o conjunto de baías presentes na planície de inundação.

O processo de abandono do meandro A ocorreu por meio do encurtamento da curva meândrica, que proporcionou o corte de corredeira (*chute cutoff*), fenômeno produzido através de fluxos de cheia, em que um novo canal cortou segmentos entre as barras em pontal que foram anexadas durante a evolução do meandro, reduzindo a sinuosidade do canal antigo pelo entalhamento do pedúnculo, resultando no desenvolvimento do meandro B, que também passou pelo processo de abandono, gerando um deslocamento súbito do rio ativo, diminuindo a sinuosidade do canal, que atualmente segue um novo traçado na direção oeste da planície (Figura 20).

Perante este modelo de migração tendencial do rio Paraguai para oeste, levanta-se as seguintes situações que podem ser a causa desse deslocamento do canal: a dinâmica divagante do sistema meandrante sobre as aluviões atuais; atividade neotectônica que tenha impulsionado o canal a atender as novas condições topográficas; e mudanças climáticas ocorridas no passado.

Figura 19 – Feições morfológicas no compartimento II

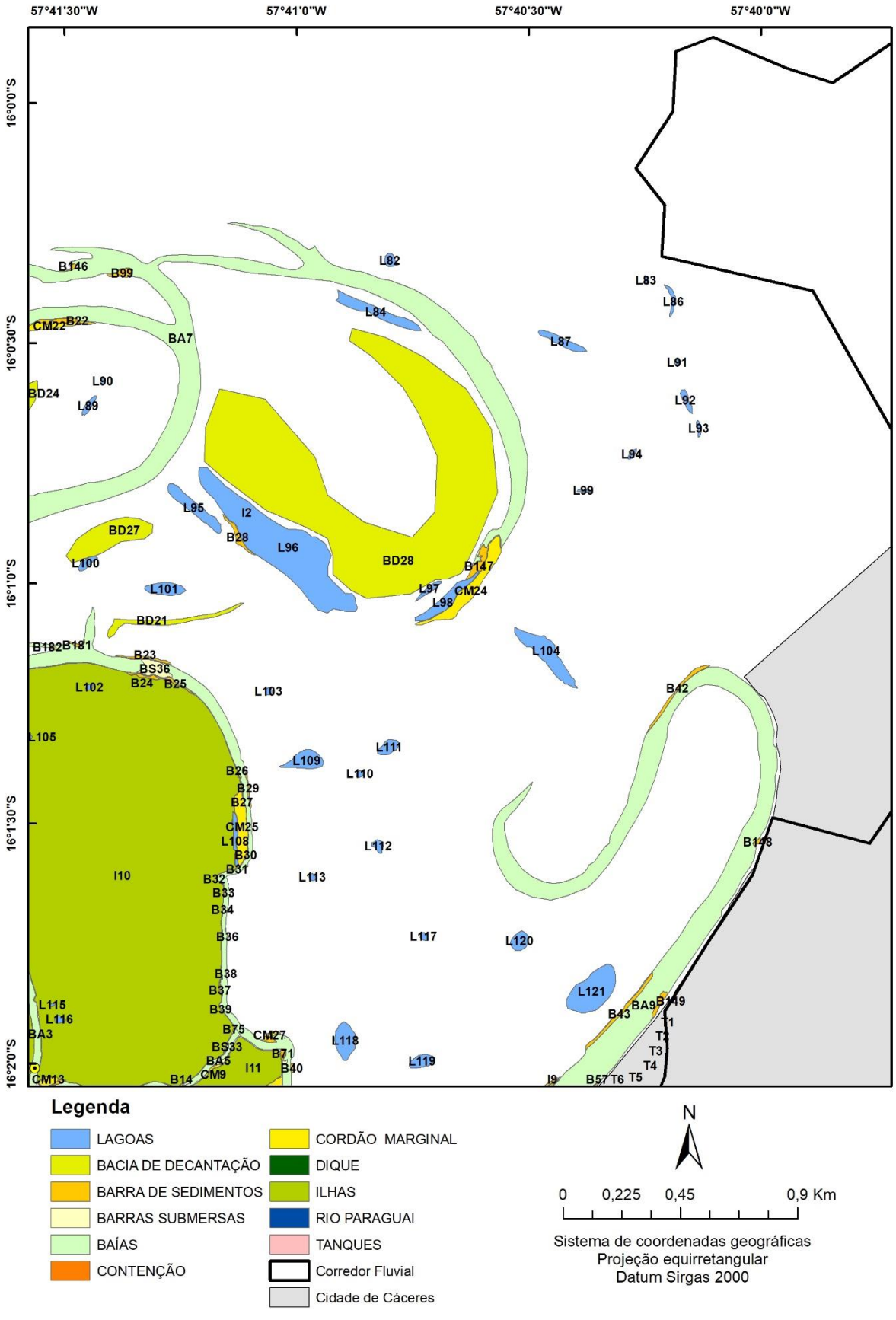


Figura 20 – Meandros abandonados na planície de inundação leste

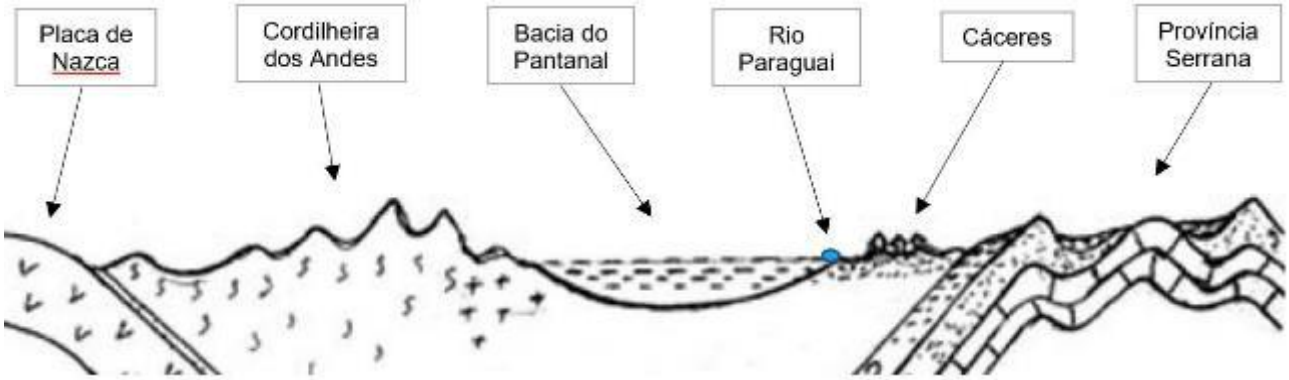
Fonte: *Google Earth Pro* (2019). **Fotos:** Josiel Dorriguette de Oliveira (2019).
Legenda: A) Meandro abandonado mais antigo; B) meandro abandonado mais recente. Antigos meandros representados por linhas tracejadas. Setas indicando a direção da migração e sentido do fluxo.

Por encontrar-se sobre as Aluviões Atuais, o rio Paraguai delineia seus meandros dentro de seus próprios sedimentos formados pelo processo hidrossedimentológico ocorrido em sua bacia hidrográfica ao longo do tempo.

Conforme Cândido (1971), o comportamento divagante está atrelado aos fatores geológicos e hidrológicos locais, que podem intensificar ou retardar na migração do canal, pois o tipo de material que compõe a planície, de natureza mais resistente ou menos resistente, pode influenciar nos processos erosivos e deposicionais. As Aluviões Atuais condicionam a dinâmica divagante do rio Paraguai, onde seus meandros podem migrar lateralmente em seu processo evolutivo.

A hipótese da influência neotectônica sobre o rio Paraguai se embasa em algumas pesquisas de abordagem geológica-geomorfológica procedidas sobre relevos peculiares como a Província Serrana e do Pantanal. Rosestolato Filho (2006) menciona que o Pantanal constitui uma bacia de retroarco (*back arc*) formada pela flexão da Cordilheira dos Andes, por meio da convergência entre as placas tectônicas de Nazca e Sul Americana, e a cidade de Cáceres, assim como o rio Paraguai encontram-se situados nessa bacia de retroarco (Figura 21).

Figura 21 - Croqui com a localização de Cáceres e do rio Paraguai na Placa Sul Americana



Fonte: Rosestolato Filho (2006), adaptado por Luana Rodrigues de Carvalho (2019).

Shiraiwa e Ussami (1995) apud Rosestolato Filho (2006) defendem em suas pesquisas que o pantanal se formou no Cenozóico superior pela subsidência associada a reativação mecânica da Faixa Pantanal em resposta aos esforços extensionais na ombreira flexural nessa região. A flexão da placa do Escudo Central do Brasil impulsionada pela ação da carga formada pela topografia dos Andes Centrais, gera esforços extensionais capazes de provocar reativação tectônica. Esse fato influi na área de estudo por meio da modelagem do relevo, incluindo o comportamento dos canais fluviais e feições associadas.

A compressão produzida pelo contato das Placas de Nazca e Sul Americana refletem a nível local, com a reativação de falhas e o estreitamento do arqueamento entre a Cordilheira dos Andes e a Província Serrana, que impulsiona a migração da calha do rio Paraguai para oeste. Isso ocorre porque em locais onde a condição estrutural tange aos dobramentos, sem falhamentos, as drenagens são condicionadas ao longo de sinclinais e tal condição condiz com o rio Paraguai, situado em um sinclinal suave (ROSESTOLATO FILHO, 2006).

Perante essa situação, outro fator que pode estar contribuindo para a migração da calha do rio Paraguai é o próprio entulhamento provocado pelo processo de denudação da Província Serrana, que, por meio dos pequenos tributários da margem esquerda, esses sedimentos têm sido carreados, ao longo do tempo, até a planície leste, favorecendo a agradação desse terreno, consequentemente, impulsionando que o rio migre para a direção oposta.

Ross (1991), em seu estudo referente à geotectônica e morfogênese da Província Serrana de Mato Grosso, defende que os sedimentos que compõe a Depressão do Alto Paraguai datam do Pleistoceno, e que, atualmente, devido a neotectônica influindo na retomada dos processos erosivos, essas áreas sedimentares estão em fase denudacional por meio de ações fluviais, o que denota um certo ajustamento do nível de base local, decorrente de um abaixamento do Pantanal ou de um soerguimento das áreas serranas e dos planaltos.

O autor supradito expõe ainda que a rede fluvial segue comportamento induzido pela neotectônica, especificamente no que se refere à tendência da drenagem em direcionar-se para oeste da Província Serrana. Para o autor, os desníveis altimétricos desta unidade de relevo em consonância com a direção preferencial da drenagem para oeste vinculam-se a uma superfície rampeada pretérita onde a drenagem ativa adaptou-se a ela.

Esse contexto geológico estrutural neotectônico justificaria a migração preferencial do rio Paraguai para oeste nesse trecho. Um caso semelhante em que houve a constatação da direção preferencial de abandono de meandros associada à influência tectônica foi encontrado no estudo de Leeder e Alexander (1987), onde a migração progressiva de um segmento do rio Madison, localizado no noroeste do Estado Unidos, possivelmente ocorreu pela inclinação tectônica, produto de falhas regionais, que acentuou as tendências erosivas do canal gerando uma preferência por caminhos migratórios voltados para a direção do vale topograficamente mais baixo.

Condições climáticas do passado e diferentes circunstâncias hidrossedimentológicas também podem ter influído no processo de abandono desses meandros registrados na planície leste. Macedo (2013) expõe que a mudança de um clima semiárido para um semiúmido na região do Pantanal pode ter promovido o aumento da produção de sedimentos nas cabeceiras da bacia, e consequentemente maior aporte de sedimentos que gerou a agradação dos canais e da planície, fator que favoreceu o processo

de avulsão e abandono de meandros e por consequência a mudança do curso do rio principal.

O autor mencionado esclarece que as condições do solo com pouca cobertura vegetal correspondente ao clima semiárido, ao receber um clima mais úmido, com maiores índices pluviométricos, teriam causado a aceleração dos processos erosivos e produzido mudanças na dinâmica fluvial devido o maior aporte de sedimentos. Com a continuidade do clima mais úmido e com maior cobertura vegetal, a tendência foi a diminuição dos índices de produção de sedimentos e incremento da descarga fluvial, acentuando os processos que culminaram na mudança do curso do rio.

O conhecimento acerca das mudanças climáticas procedidas no passado é fundamental para entender a dinâmica do rio Paraguai durante sua evolução. Vestígios são deixados nas planícies e terraços fluviais, constando as sobreposições de peloambientes fluviais de condições climáticas e hidrossedimentológicas diferentes das atuais, por isso é de extrema importância estudos aprofundados sobre esta perspectiva.

Além da questão geológica, neotectônica e climática, é pertinente considerar os cenários de uso e ocupação da bacia enquanto fator antrópico capaz de alterar a dinâmica fluvial, pois mesmo em condições climáticas e de cobertura vegetal natural favorável à diminuição da produção de sedimentos, os tipos de uso com manejos inadequados deixam o solo propenso aos processos erosivos, aumentando a carga de sedimentos que chegam aos cursos d’água, registrando parâmetros anômalos do padrão de canal do rio Paraguai, corroborando com a hipótese levantada anteriormente da coexistência de características de distintos padrões de canal.

Diante do abordado, considera-se que os meandros abandonados (BA7) e o antigo canal do rio Paraguai, baía do Iate (BA9), são importantes testemunhos da avulsão e da dinâmica do corredor fluvial (Figura 19).

Os meandros que compõem a BA7 se originaram à medida que as margens côncavas foram erodidas e barras de sedimentos foram anexadas às margens convexas, gerando uma sucessão de espirais de meandros, que, atualmente, compõem e dão forma à planície de inundação, abrigando nas porções mais deprimidas as bacias de decantação (exemplo: BD28).

Os pulsos de inundação transportam sedimentos finos para a planície que são decantados e depositados no período de estiagem. Esse processo recorrente ano após ano

favorece para que as feições morfológicas sejam colmatadas pelo incremento desses materiais finos. O registro das barras de sedimentos B28 e B147 são exemplos deste processo de colmatação, pois secciona a BA7 em pequenas lagoas (L95, L96, L97 e L98), interrompendo o fluxo de água, gerando a redução lenta da amplitude das porções topográficas negativas em relação às positivas.

Feições antrópicas, configuradas como tanques (T1, T2, T3, T4, T5 e T6), foram registradas próximo a margem esquerda da baía do Iate. Esses tanques possuem forma retangular e apresentam áreas que variam de 2.748 m^2 a 8.100 m^2.

Outra feição fluvial que aparece no compartimento II que merece destaque quanto a sua formação é a ilha I10. Essa ilha apresentou área de 1.711.147 m^2 e possui morfologia irregular devido sua gênese extra-canal. A ilha I10 é circundada pela baía BA3 (Baía Comprida), BA4, BA5 e BA7, o que lhe dá a propriedade de ser classificada como ilha, pois constitui uma porção de terra emersa cercada por água. Essa ilha apresenta topografia relativamente plana com feições morfológicas típicas de planície de inundação em seu interior.

4.3.5. Compartimento III

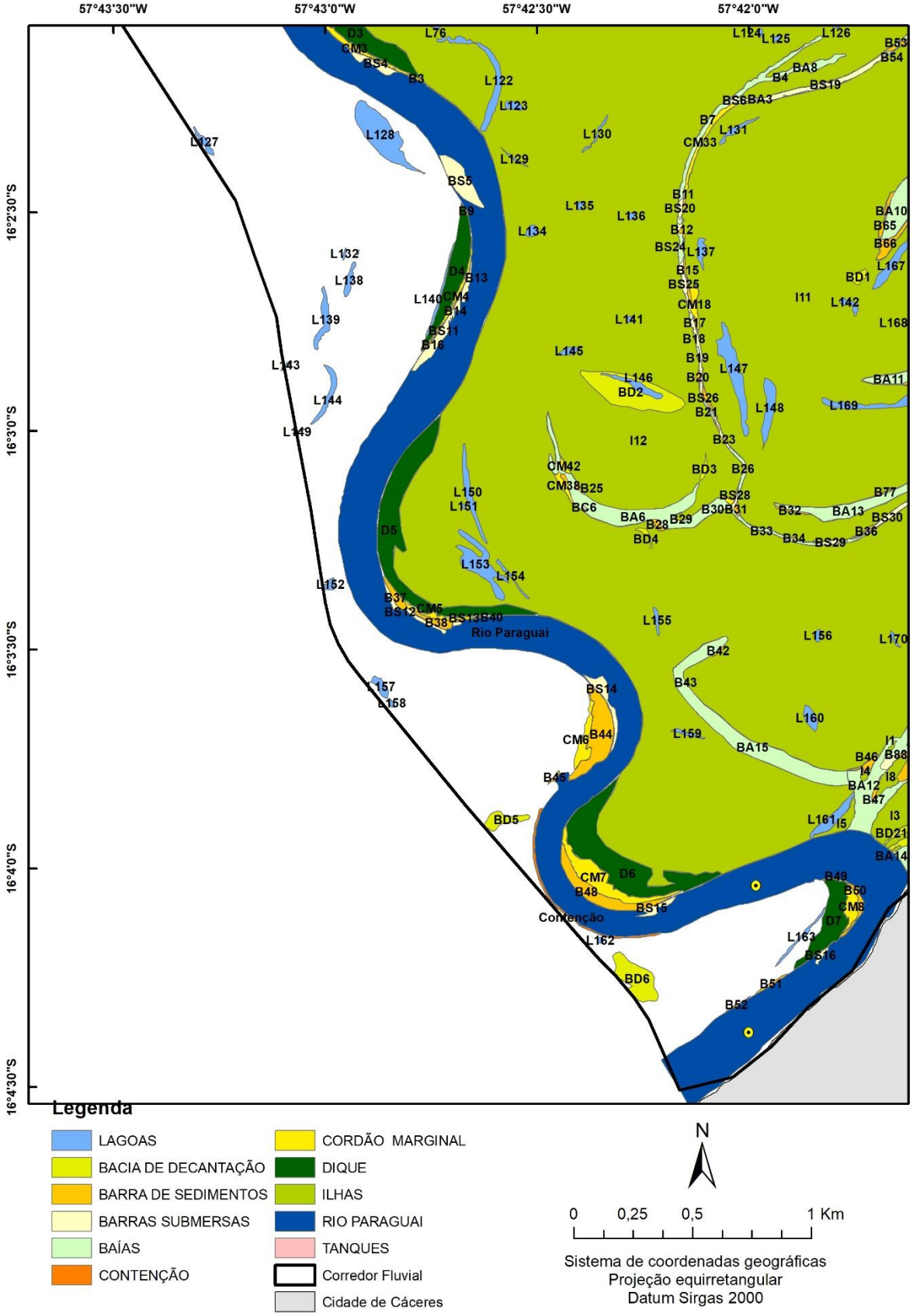
Neste compartimento há 5 curvas meândricas, que, geometricamente, possuem menores comprimentos de onda, com média de 1,7 km. São meandros com curvas mais acentuadas onde foram registradas as maiores feições deposicionais em termos de área, com destaque as três curvas convexas mais a jusante, em que as barras em pontal são mais evidentes.

Foram identificadas as seguintes feições: 44 lagoas, 7 baías (a BA3 não foi contabilizada nesta seção pois já foi inclusa no compartimento I), 7 bacias de decantação, 46 barras laterais, 17 barras submersas, 5 diques, 10 cordões marginais e 5 ilhas (I11 e 12 foram consideradas na descrição do compartimento I e II).

Dentre estas, as feições deposicionais associadas ao canal principal do rio Paraguai são: 8 barras de sedimentos submersas, 15 barras laterais, 6 cordões marginais e 5 diques marginais (Figura 22).

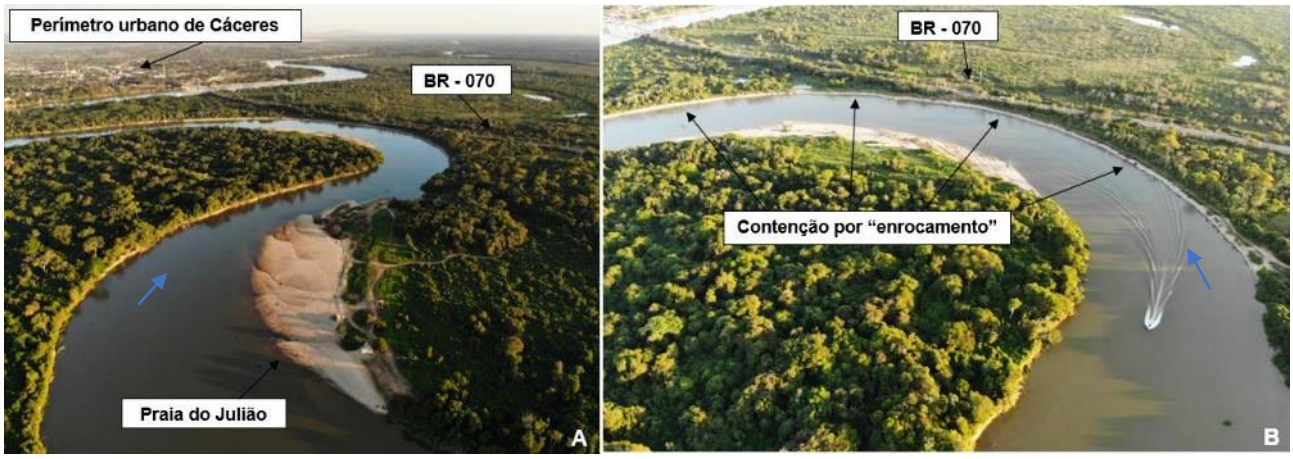
A feição deposicional (B44), popularmente conhecida como praia do Julião, é uma barra em pontal que se destaca neste segmento do corredor fluvial por sua dimensão (28.229 m^2), a maior barra em pontal da área de estudo (Figura 23A).

Figura 22 – Feições morfológicas no compartimento III



Por localizar-se perto da cidade de Cáceres e ter acesso facilitado via BR – 070, esse ambiente deposicional constitui-se uma área com intensa utilização dos habitantes da cidade que buscam momentos de lazer, inclusive, durante a atividade de campo realizada no período de estiagem, foram identificadas instalações de caráter comercial na praia para atender os banhistas que frequentam o local.

Figura 23 – (A) Praia do Julião e (B) contenção por enrocamento



Fotos: Josiel Dorriguette de Oliveira (2019).

Na margem côncava do rio Paraguai localizada a jusante da praia do Julião encontra-se a faixa de contenção contra os processos erosivos nessa margem, realizada por meio da técnica de enrocamento (Figura 23B). Esta obra aparece no mapa de feições por ter grande importância socioeconômica ao exercer a função de controlar a erosão.

Na planície de inundação oeste, limitada neste estudo até o percurso da BR- 070, foram encontradas 16 feições negativas, sendo: 14 lagoas e 2 bacias de decantação (Figura 22). Enquanto que a planície de inundação leste é composta por grandes ilhas circundadas por baías.

A ilha da baía Comprida (I12), com área de 6.372.886 m^2, constitui a maior ilha da unidade de estudo e essa unidade possui em seu interior feições características de uma planície de inundação, das quais foram identificadas barras de sedimentos, cordões marginais, lagoas, bacias de decantação, além de baías (BA6, BA15 e BA08) que possuem a extremidade montante no interior da ilha e a extremidade jusante mantêm-se conectada com outras baías.

A ilha I11 apresentou área de 3.061.245 m^2, a segunda maior ilha extra-canal identificada neste segmento do corredor fluvial, e essa porção de terra emersa possui em

seu interior: 8 lagoas, 1 bacia de decantação, e assim como a I12, a I11 possui 3 baías (BA13, BA11, BA10) cuja extremidade montante de cada encontra-se em seu interior, com 4 barras laterais associadas às margens dessas baías (Figura 22).

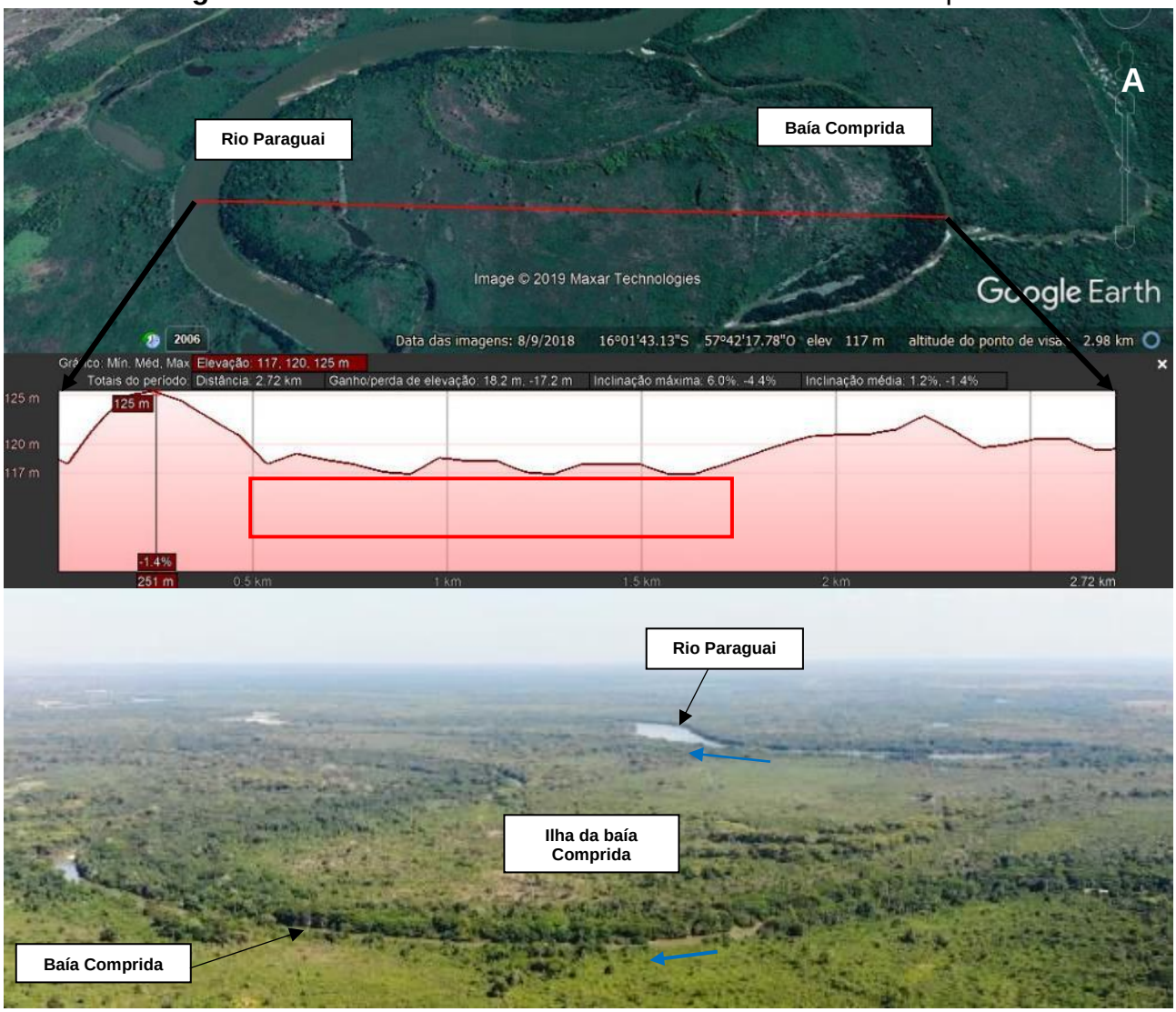
O trecho da baía Comprida (BA3) que aparece neste compartimento confere ao segmento de caráter intermitente, dependendo da duração do período de estiagem. Durante esse período hidrológico o canal perde energia, apresentando intensa deposição de sedimentos que obstruem o leito, dificultando a passagem de pequenas embarcações que durante o período de cheia passam por ali sem obstáculos. Foram identificadas ao longo desse trecho: 17 barras laterais, 9 barras submersas e 2 cordões marginais.

Considerando os aspectos hidrossedimentológicos, com destaque aos processos deposicionais identificados nas margens do rio Paraguai e na baía Comprida, é interessante ressaltar que nas porções externas da ilha da baía Comprida, circundada por esses corpos d'água, está ocorrendo deposição de sedimentos por acresção vertical e lateral, gerando a elevação do terreno nessas localidades, enquanto que, à medida que adentra o interior da ilha, isto é, na parcela central da ilha, verificam-se ambientes depressivos.

No estudo realizado por Leli (2015), nas ilhas originadas a partir de processos de avulsão no Alto rio Paraná, as bordas apresentam elevação por diques marginais e a parte interna com sutil concavidade, resultando em um perfil transversal em forma de "prato". Na área de estudo, a ilha da baía Comprida é um exemplo de ilha que possui as bordas com maior elevação (devido ao desenvolvimento de diques, as bordas da ilha apresentam altitudes entre 120 a 125m) ao considerar as porções em seu interior, com altitude média de 117 m (Figura 24).

Vale ressaltar que no compartimento III encontra-se a foz das baías BA12 e BA14, esses canais carreiam água e sedimentos do conjunto de baías da planície leste até o canal principal do rio Paraguai, configurando-se em um ambiente de confluência de grande importância ambiental por exercer a função de conectividade planície-rio principal. Essas baías circundam a ilha do Malheiros (I3) antes de estabelecerem conectividade com o rio Paraguai.

Figura 24 – Características altimétricas da ilha da baía Comprida



Fonte: *Google Earth Pro* (2019), adaptado por Luana Rodrigues de Carvalho (2019).
Foto: Josiel Dorriguette de Oliveira (2019).

Há algumas feições deposicionais que estão se desenvolvendo ao redor dessa ilha, do lado direito. Um exemplo é a I8 que está se anexando a I3 por meio da deposição de sedimentos em forma de barras submersas e laterais, dessa forma, verifica-se a tendência de conexão com a I12, isto é, interligar-se à planície leste. Nas aferições hidrodinâmicas (discutidas adiante), a BA12 apresentou índices de baixa energia no período de estiagem, o que corrobora para a deposição de sedimentos neste local, impulsionando a conexão dessas feições menores à planície de inundação.

O segmento do corredor fluvial entre a entrada da baía Comprida e a confluência das baías BA12 e BA14 no rio Paraguai configurou-se como multicanal, apesar dos

processos e formas típicas de padrão meandrante (sinuosidade, erosão nas margens côncavas e deposição de sedimentos nas margens convexas).

Esta confluência marca o ponto em que o corredor fluvial volta a fluir em canal único. Morais e Rocha (2016) relataram situação semelhante em seus estudos no Baixo rio do Peixe, São Paulo, onde o rio de mesmo nome comporta-se como típico canal de padrão meandrante, porém, em seu vale aluvial há um canal secundário formado por avulsão, com aproximadamente 14 km de extensão, que caracteriza o segmento como multicanal.

4.3.6. Compartimento IV

O último compartimento do mapeamento de detalhe permitiu identificar quase totalidade do paleocanal do rio Paraguai, denominado de baía do Iate (BA12) (Figura 25).

Esse antigo canal possui conexão com o rio principal somente a jusante, dessa forma, a extremidade montante encontra-se na planície leste e é abastecida pela transferência de fluxo e matéria no período de cheia, pelo transbordamento das águas do rio Paraguai, e mantêm-se perene o ano inteiro pela contribuição do lençol freático e dos demais canais do conjunto de baías nesta planície (Figura 26A).

Este compartimento possui planície de inundação limitada ao terraço localizado na margem esquerda da baía do Iate e na margem esquerda do rio Paraguai, a jusante. Justamente neste terraço fluvial encontra-se a área urbana de Cáceres, que se expandiu e ainda se encontra em expansão sobre áreas que por lei deveriam estar preservadas. A retirada da vegetação ciliar e o estabelecimento da cidade caracteriza esse ambiente enquanto paisagem antropizada (Figura 26B).

Neste compartimento encontram-se dois pequenos tributários na margem esquerda do rio Paraguai, cuja confluência se dá nas baías, e não no canal principal. Os dois afluentes são: córrego dos Fontes e córrego Sangradouro. Ambos se caracterizam enquanto canais urbanos, pois possuem suas nascentes e a maior parte do percurso até a foz dentro do perímetro urbano de Cáceres.

Figura 25 – Feições morfológicas no compartimento IV

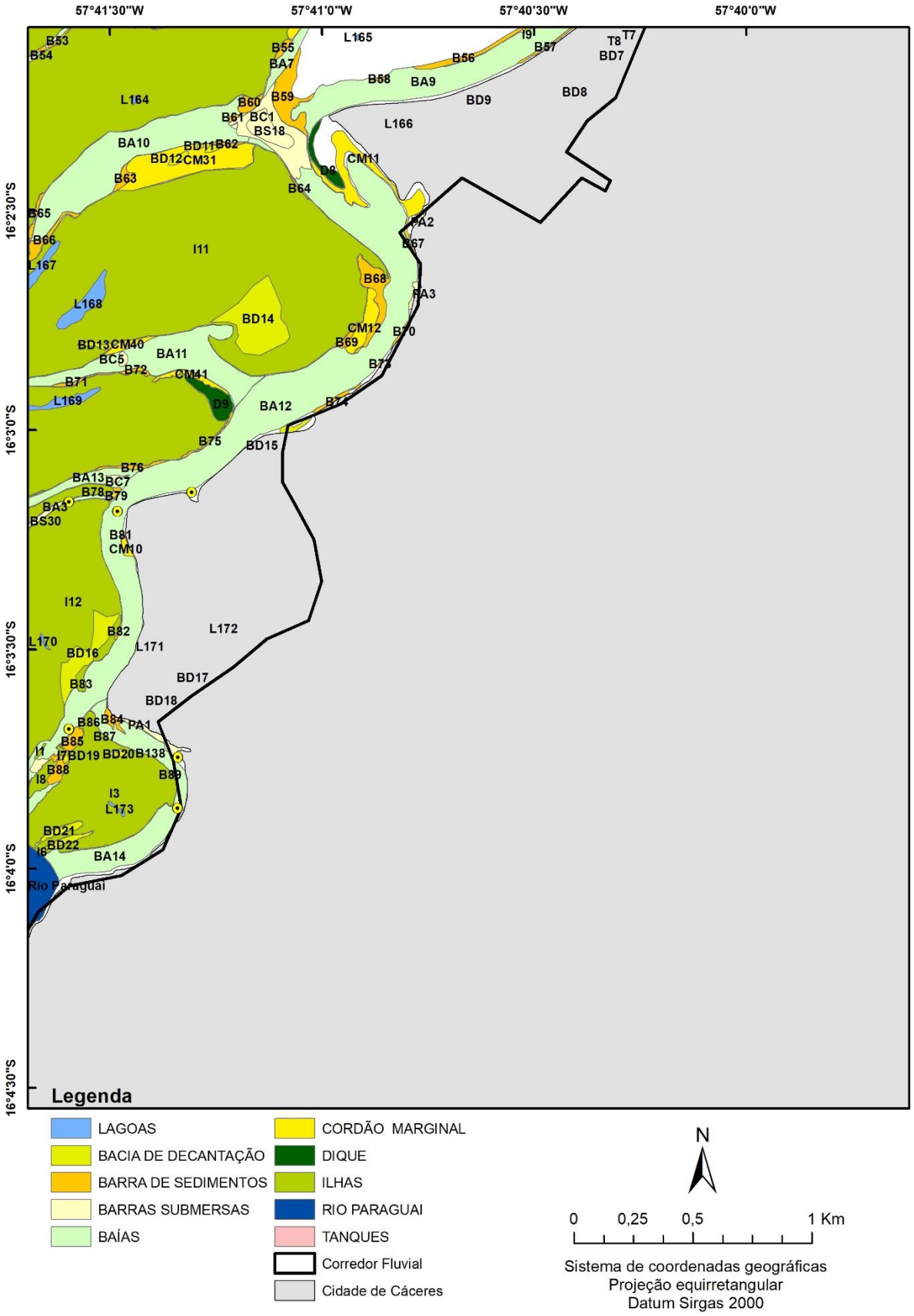


Figura 26 – (A) Baía do Iate e (B) Área urbana de Cáceres

Fotos: Josiel Dorriguette de Oliveira (2019).

Além disso, neste compartimento há várias feições morfológicas negativas e positivas. Entre as feições negativas, foram registradas: 07 lagoas, 15 bacias de decantação e também aparecem 08 baías, que 07 destas já foram consideradas na contagem do total de feições nos compartimentos anteriores, a BA14, conhecida como baía do Malheiros, é a que ainda não havia sido contabilizada. As baías BA3 (baía Comprida) BA7, BA10, BA11 e BA13 deságuam na baía do Iate (BA12).

As feições positivas encontradas foram: 30 barras laterais; 01 barra submersa; 03 barras centrais; 06 cordões marginais; 02 diques marginais.

No período de estiagem foi registrada uma área com intensa deposição de sedimentos (Figura 27) que chama atenção por apresentar morfologia triangular, que divide o fluxo em dois canais, se assemelhando a um leque aluvial. Esse ambiente deposicional

é composto por uma barra central (BC1), uma barra submersa (BS18) e barras laterais (B60, B59 e B61) (Figura 25).

Figura 27 – Área com intensa deposição de sedimentos na planície de inundação leste

Foto: Josiel Dorriguette de Oliveira (2019). Observar a barra submersa.

Conforme Stevaux e Latrubesse (2017), um leque aluvial corresponde a um ambiente de deposição alimentado por canais distributários, numa condição em que o rio passe de uma área de alta declividade com canal encaixado para uma planície. Porém, feição deposicional aqui abordada se difere de um leque aluvial porque a discrepância quanto a declividade não é a realidade desse ambiente fluvial.

A perda de energia do canal faz com que esses sedimentos arenosos sejam depositados no período de estiagem, provocando a divisão do fluxo água. Durante o período de cheia, esses sedimentos são remobilizados, podendo alterar a divisão do fluxo a cada período de estiagem.

Essa constante mudança da paisagem fluvial, conforme constatação de Santos (2018) em seu estudo na confluência dos rios Solimões e Negro, é produto das inter-relações entre os fatores naturais e antrópicos, que geram contradições que englobam as

perdas de terras pelos processos erosivos, mas, por outro lado, geram ganhos por meio da deposição de sedimentos, e a dinâmica fluvial é a responsável por essa mutação da paisagem, que afeta na organização socioespacial e também é afetada por ela, estabelecendo uma dialética homem-natureza.

Trabalhando com o mesmo ponto de vista, essa grande feição deposicional disposta no recorte espacial estudado pode indicar os reflexos do inadequado uso e manejo da terra realizado nas imediações da área de estudo e nas cabeceiras da bacia hidrográfica, seja pela pastagem ou agricultura, que podem interferir na produção de sedimentos por meio da intensificação dos processos erosivos, levando para os cursos d'água uma alta carga de sedimentos, que são depositados a jusante, e, pontualmente neste caso, a intensa deposição chega a dificultar na navegação de embarcações no período de estiagem.

Trabalhos que avaliaram a susceptibilidade de erosão dos solos nas sub bacias dos tributários do rio Paraguai dão luz à esta concepção de incremento do aporte de sedimentos. Um exemplo é a pesquisa de Carvalho *et al.* (2017), que constataram que na bacia hidrográfica do rio Cabaçal os solos são classificados como extremamente a moderadamente susceptíveis à erosão hídrica laminar (Neossolo Quartzarênico e Litólico, Cambissolo Háplico, Argissolo Vermelho Amarelo), e que a grande maioria dos tipos de uso (com destaque da pecuária e cultivo de cana de açúcar) são realizados de formas inadequadas, ou seja, sem considerar a fragilidade natural do solo e sua capacidade de suporte. Assim, 56,69% da área da bacia possui grau médio de potencial à erosão, ressaltando a necessidade de um manejo adequado quanto às limitações que os solos apresentam.

Muitas voçorocas, situações de grande magnitude erosiva, são encontradas na região, destacando-se o município de Reserva do Cabaçal, onde os solos predominantes são os Neossolo Quartzarênicos, nesse sentido, a pastagem para a pecuária quando desenvolvida em solos frágeis sem um devido manejo, provoca um elevado nível de degradação e perda de solos (RIBEIRO *et al.*, 2013).

É inegável que as ações antrópicas sobre os solos de alta limitações para uso estejam intensificando os processos erosivos, não somente na bacia do Cabaçal, mas também nas demais bacias dos tributários do rio Paraguai situados a montante da área de estudo. O aumento da produção de sedimentos nas vertentes desencadeia no aumento da carga de sedimentos que alcançam os cursos d'água dos tributários do rio Paraguai, que

por sua vez, são carreados até o rio Paraguai, o que justificaria encontrar uma porcentagem de carga de fundo superior aos parâmetros característicos do padrão meandrante.

Outro viés desenvolvimentista que pode influenciar na distribuição dos sedimentos que merece atenção são os empreendimentos voltados ao aproveitamento hidroelétrico com Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) e Usinas Hidrelétricas (UHEs) em operação e planejadas nos segmentos com maior declividade do Paraguai Superior, portanto, nos planaltos (SOUZA FILHO, 2013). Considerando o levantamento realizado pelo autor citado, em segmentos a montante da área de estudo os rios que já possuem barragens são o rio Paraguai, o Sepotuba (duas UHEs e duas PCHs em operação) e no rio Cabaçal e em seu afluente rio Vermelho, possuem apenas empreendimentos licitados.

Os barramentos fragmentam os rios, alterando as condições de biodiversidade além de reter água, nutrientes e sedimentos, que são fundamentais para o funcionamento dinâmico do sistema fluvial. Os processos geomorfológicos em segmentos a jusante de barramentos podem ser comprometidos, uma vez que os sedimentos provenientes do planalto são de fundamental importância para a manutenção do Pantanal (CALHEIROS *et al.*, 2018).

Segundo Souza Filho (2013), mesmo que a retenção de sedimentos em suspensão em pequenos reservatórios seja pouco significativa, é importante ter consciência de que o ambiente fluvial é sistêmico, ou seja, qualquer alteração de forma e processo na área de uma bacia hidrográfica atinge as formas e processos dependentes das variáveis modificadas.

Assim sendo, fica explicito que é necessário olhar as feições morfológicas e os depósitos de sedimento enquanto fenômenos impressos na paisagem do corredor fluvial e enxergá-las como produtos de um conjunto de inter-relações e de processos recorrentes ao longo do sistema fluvial, no decorrer do tempo. Nesse viés, a dinâmica fluvial em junção com os demais condicionantes (neotectônica, clima, uso da terra), é considerada o agente que dinamiza e modela esse segmento do rio Paraguai.

4.4. Hidrodinâmica e aporte de sedimentos

O corredor fluvial do rio Paraguai é caracterizado por suas feições morfológicas e aspectos hidrossedimentológicos. As características da forma do canal, como sinuosidade, largura e profundidade, a vazão, a granulometria (sedimentos de fundo) e a concentração

de sedimentos em suspensão que o rio transporta em diferentes períodos hidrológicos são cruciais para o conhecimento da dinâmica hidráulica e sedimentar desse trecho do rio Paraguai.

As partículas sólidas, que são os componentes da descarga sólida em suspensão e aquelas transportadas por arraste no fundo do canal, em sua trajetória no ciclo hidrossedimentológico mantêm uma relação intrínseca com as variáveis hidrodinâmicas do canal fluvial. Assim, a concentração e espacialização dessas partículas no corredor fluvial estão associadas às características hidrológicas, às características morfológicas, e também aos tipos de uso da bacia, condicionando a dinâmica hidrossedimentológica do corredor fluvial ao longo do tempo geológico.

Esta última parte da dissertação analisou os dados obtidos quanto as variáveis hidrodinâmicas, sedimentos em suspensão e de fundo em treze seções transversais ao longo do corredor fluvial delimitado neste estudo, sendo quatro dessas seções realizadas no rio principal do rio Paraguai e nove seções nas baías presentes na planície de inundação leste.

4.4.1. Seções transversais realizadas no rio Paraguai

Seção transversal 01

A seção transversal localizada mais a montante na área de estudo compreende o ambiente de confluência entre os rios Cabaçal e Paraguai (Figura 27). A vegetação que compõem a floresta aluvial de ambas margens são adaptadas ao encharcamento recorrente das águas que extravasam do rio Paraguai e do rio Cabaçal (margem direita), no período de cheia.

A vegetação do local possui relativo estado de conservação, pois a cerca de 500 metros a jusante da seção 1, passa o gasoduto (GasOcidente do Mato Grosso), pelo rio e pela planície, podendo ser identificado por meio da uma clareira (faixa de servidão), com cerca de 30 metros de largura, formada pela remoção da vegetação para a implantação dessa obra (Figura 28).

Em ambas as margens há placas indicando “perigo”, pois o duto submerso atravessa o rio. Durante a atividade de campo realizada no período de estiagem, que é quando a planície não está inundada, foi possível visualizar que as pessoas aproveitam

esse “caminho” deixado pela faixa de servidão como linha de acesso, seja de motocicleta ou de carro, até as margens do rio Paraguai.

Figura 28 - Seção transversal 01 - confluência do rio Cabaçal no rio Paraguai

Foto: Josiel Dorriguette de Oliveira (2019).

Na margem esquerda foi identificado o processo de erosão por solapamento basal, o que faz com que as árvores da espécie *Sapium obovatum* (Sarã) caiam à margem do rio (Figura 29A). É interessante notar que nesta localidade a vegetação possui certa homogeneidade de espécies. Isso pode estar associado a supressão da vegetação ciliar ocorrida nessa margem para a construção de acampamentos de pesca, verificada na imagem de satélite do ano de 2002 (Figura 29B). Vale ressaltar que a remoção dessa vegetação ciliar pode ter acelerado o processo erosivo nessa margem.

Ao longo de 17 anos, durante o processo de regeneração natural, os Sarãs se desenvolveram na localidade até alcançar o mesmo porte da vegetação circundante, dando condições propícias para o crescimento de outras espécies nativas.

Na margem direita, a vegetação possui menor porte em comparação com a vegetação da margem esquerda, esta apresenta-se com estratificação herbácea, arbustiva e arbórea no sentido que adentra a planície. A mesma está sobre depósitos mais recentes formados pela deposição de sedimentos advindos do rio Cabaçal e do rio Paraguai,

contribuindo para a estabilização desse depósito ao mesmo tempo que compõe a mata ciliar local.

Figura 29 – Características da vegetação ciliar da seção transversal 01 e (B) área desmatada na margem esquerda do rio Paraguai

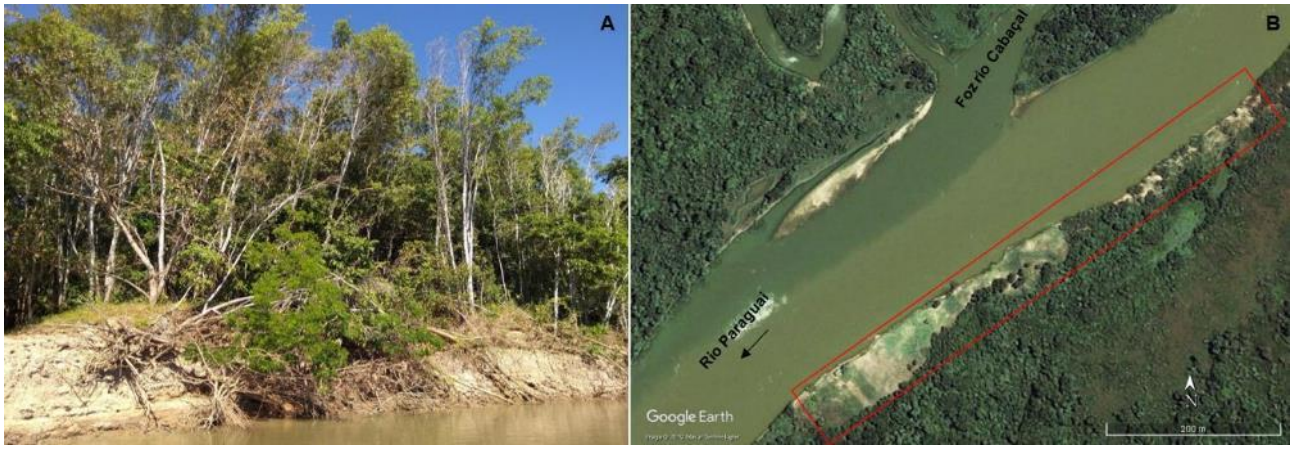


Foto: Luana Rodrigues de Carvalho (2019). **Fonte:** *Google Earth Pro* (2019).
Legenda: (A) Árvores caídas na margem esquerda pelo processo de erosão, e (B) Imagem do ano de 2002, retângulo vermelho apontando área desmatada na margem esquerda do rio Paraguai.

Como mencionado anteriormente, a seção compreende um ambiente de confluência de canais, e essa unidade é de grande interesse, pois são nesses compartimentos do sistema fluvial que há alterações contínuas de fluxo e no transporte de sedimentos. Ali ocorrem complexas relações entre matéria (água e sedimentos) e energia (potência do canal), ocasionadas pela convergência dos dois fluxos de natureza distinta (SANTOS, 2015; SANTOS; STEVAUX, 2017).

Segundo Leandro (2015), os processos de deposição de sedimentos na confluência entre os rios Cabaçal e Paraguai ocorrem pelo barramento que este atua sobre as águas do afluente, ou seja, pelo fluxo de contra corrente. O autor identificou também que o transbordamento do rio Paraguai atinge os ambientes de inundação do rio Cabaçal, influenciando os processos de transporte e deposição de sedimentos no canal e da mesma maneira que para a planície de inundação.

As características hidrodinâmicas e sedimentológicas dessa seção transversal refletem as condições do ambiente de confluência, pois o rio Paraguai recebe água e sedimentos do rio Cabaçal, o que faz com que possua maior área, velocidade do fluxo, vazão, concentração de sedimentos em suspensão e descarga sólida em suspensa

comparado a segmentos a montante da confluência, conforme dados levantados pelo autor supracitado.

Na atividade de campo ocorrida no período de cheia, a seção transversal apresentou uma área de 917,10 m^2, a segunda maior área registrada ao ser comparada com as demais seções (Tabela 02). A velocidade do fluxo foi de 0,73 m/s e a vazão de 669,48 m^3/s. A turbidez constou 22,4 NTU, a concentração das partículas em suspensão foi de 32 mg/L, logo, a descarga sólida suspensa alcançou 1.850,97 t/dia (Tabela 02; 03).

Tabela 02 – Variáveis hidrodinâmicas e sólidos em suspensão de todas as seções

ST (Rio Paraguai)	Período	Vel. média (m/s)	Área (m^2)	Vazão (m^3/s)	Suspensão (mg/L)	Descarga suspensa (t/dia)	Turbidez (NTU)
01	Cheia	0,73	917,10	669,48	32	1.850,97	22,4
	Estiagem	0,44	597,13	262,73	30	680,99	17,5
02	Cheia	0,87	832,59	724,35	34	2.127,85	22,1
	Estiagem	0,47	503,13	236,47	20	408,62	17,5
03	Cheia	0,84	680,40	571,53	34	1.678,94	23,9
	Estiagem	0,48	337,17	161,84	40	559,31	19,7
04	Cheia	0,87	1.360,91	1.183,99	32	3.273,49	21,9
	Estiagem	0,39	660,37	257,54	30	667,54	16,4
ST (Baías)							
01	Cheia	0,51	162,15	82,69	30	214,33	26,2
	Estiagem	0,30	126,90	38,07	20	65,78	18,1
02	Cheia	0,65	37,74	24,53	29	61,46	24,7
	Estiagem	0,21	18,87	3,96	30	10,26	16,8
03	Cheia	0,78	78,40	61,15	31	163,78	22,3
	Estiagem	0,36	36,40	13,10	30	33,95	18,2
04	Cheia	0,66	70,61	46,60	45	181,18	22,2
	Estiagem	0,40	67,54	27,01	30	70	20,1
05	Cheia	0,40	59,64	23,85	34	70,06	20,7
	Estiagem	0,06	53,25	3,19	28	7,71	16,3
06	Cheia	0,24	67,20	16,12	28	38,99	19,1
	Estiagem	0,07	2,80	0,19	30	0,49	19,6
07	Cheia	0,26	566,15	147,19	34	432,38	15,5
	Estiagem	0,07	340,53	23,83	40	82,35	20
08	Cheia	0,10	446,03	44,60	32	123,31	16,5
	Estiagem	0,05	218,27	10,91	40	37,70	16,5
09	Cheia	0,40	401,94	160,77	32	444,49	16,5
	Estiagem	0,13	131,54	17,10	20	29,54	16,1

Organizado por Luana Rodrigues de Carvalho (2019). ST = Seções transversais.

No campo realizado no período de estiagem, seis meses após o primeiro campo, os valores registrados foram inferiores aos de cheia. A área foi de 597,13 m^2, a velocidade

média do fluxo foi de 0,44 m/s, que gerou uma vazão de 262,73 m^3/s. A turbidez apresentou 17,5 NTU, a concentração dos sedimentos em suspensão constou 30 mg/L, a descarga sólida foi de 680,99 t/dia, a maior descarga sólida registrada nas seções transversais no período de estiagem, que pode estar relacionado à contribuição dos sedimentos suspensos que compõe as águas que o rio Paraguai recebe do rio Cabaçal (Tabela 03).

Essa diminuição dos parâmetros hidrodinâmicos, da descarga sólida em suspensão e da turbidez da coluna de água refletem as condições contrastantes de um período chuvoso para o outro com baixos registros pluviométricos na região (períodos voltados aos aspectos meteorológicos), que corroboram para as características peculiares da paisagem do sistema fluvial quando este transita sazonalmente de um período de cheia para o período de estiagem.

Tabela 03 - Variáveis hidrodinâmicas e sólidos em suspensão nas seções transversais realizadas no rio Paraguai

Seção transversal	Período	Vel. média (m/s)	Área (m^2)	Vazão (m^3/s)	Suspensão (mg/L)	Descarga suspensa (t/dia)	Turbidez (NTU)
01	Cheia	0,73	917,10	669,48	32	1.850,97	22,4
	Estiagem	0,44	597,13	262,73	30	680,99	17,5
02	Cheia	0,87	832,59	724,35	34	2.127,85	22,1
	Estiagem	0,47	503,13	236,47	20	408,62	17,5
03	Cheia	0,84	680,40	571,53	34	1.678,94	23,9
	Estiagem	0,48	337,17	161,84	40	559,31	19,7
04	Cheia	0,87	1.360,91	1.183,99	32	3.273,49	21,9
	Estiagem	0,39	660,37	257,54	30	667,54	16,4

Organizado por Luana Rodrigues de Carvalho (2019).

A composição dos sedimentos de fundo apresentou predominância de areia fina nos dois períodos, com média de 72,9%, seguido de areia média, com 23,9% no período de cheia e 25,85% na estiagem. As frações de areia grossa (2,1% na cheia e 0,08% na estiagem) e as partículas mais finas, silte e argila (porcentagem inferiores a 1%), foram menos expressivas em ambas coletas (Tabela 04).

Tabela 04 - Granulometria dos sedimentos de fundo das seções transversais realizadas no rio Paraguai

Seção transversal	Período	Granulometria (%)				
		Areia Grossa	Areia Média	Areia Fina	Silte	Argila
01	Cheia	2,1	23,9	73,65	0,16	0,19
	Estiagem	0,8	25,85	72,15	0,85	0,35
02	Cheia	1,95	31,2	66,55	0,11	0,19
	Estiagem	3,6	33,45	61,55	1	0,4
03	Cheia	0,8	28,5	70,5	0	0,20
	Estiagem	0,25	26,85	72,35	0,2	0,35
04	Cheia	1,45	32,5	65,4	0,44	0,21
	Estiagem	2,75	12	84,75	0,15	0,35

Organizado por Luana Rodrigues de Carvalho (2019).

Seção Transversal 02

A segunda seção transversal localiza-se no rio Paraguai, a montante da entrada da baía Comprida. A Partir dessa seção transversal o rio Paraguai passa a fluir também nas baías presentes na planície leste, corroborando para a dinâmica de erosão e deposição dessa paisagem, o rio volta a fluir em canal único novamente a jusante, após a confluência da baía do Malheiros com o rio principal.

A vegetação ciliar apresenta-se conservada, com presença de alguns barracos e acampamentos de pescadores instalados em ambas margens (Figura 30). A margem direita é convexa, de aspecto rampeado, com presença de barra de sedimento sucedida por um cordão marginal e dique marginal. A margem esquerda é côncava com predomínio do processo erosivo devido a maior velocidade do fluxo.

A área da seção no período de cheia foi de 832,59 m^2. A velocidade média obtida foi de 0,87 m/s, que, juntamente com a ST04, registrou a maior velocidade do fluxo. A descarga hídrica registrada foi de 724,35 m^3/s, a turbidez constou 22,1 NTU, a concentração de sólidos suspensos obteve o valor de 34 mg/L e a descarga sólida em suspensa de 2.127,85 t/dia (Tabela 03).

Figura 30 –Barraco de pescadores na margem direita do rio Paraguai

Fonte: *Google Earth Pro* (2019). **Foto:** Luana Rodrigues de Carvalho (2019).

Esta seção, mesmo possuindo área menor comparada a seção anterior, apresenta valores superiores quanto a velocidade da água, vazão, concentração de sedimentos suspensos e descarga sólida, o que pode ser atribuído ao maior volume de água e sedimentos resultante da junção das águas do rio Cabaçal com as do rio Paraguai.

No período de estiagem, a margem côncava apresentou barranco visível, com altura média de 3 m. A área da seção transversal foi de 503,13 m^2, a velocidade do fluxo foi de 0,47 m/s e a vazão de 236,47 m^3/s. A quantidade dos sedimentos em suspensão foi de 20 mg/L, a descarga sólida suspensa de 408,62 t/dia e a turbidez da água de 17,5 NTU.

Assim como na seção anterior, a análise granulométrica apontou a predominância de material grosso, sobressaindo a areia fina com valores entre 66,55% e 61,55%, seguida de areia média com 31,2% e 33,45%, nas coletas de janeiro e julho, respectivamente. A fração de areia grossa apresentou maior porcentagem na coleta realizada em julho, com 3,6% do total, comparada ao período de cheia que constou 1,95% (Tabela 04).

Seção transversal 03

Esta seção localiza-se no rio Paraguai a jusante do enrocamento de contenção contra a incisão na margem direita (côncava) nas proximidades da BR – 070 (Figura 31).

Figura 31 – Localização das ST03 e ST04 no rio Paraguai

Fonte: Google Earth Pro (2019), adaptado por Luana Rodrigues de Carvalho (2019).

Em termos morfológicos, a seção transversal encontra-se no segmento entre as curvas meandrantes (na curva a montante há a contenção por enrocamento e a curva a jusante localiza-se nas proximidades do perimetro urbano de Cáceres), apresentando maior simetria do perfil transvesal. No período de cheia, a área da seção foi de 680,40 m^2, a velocidade do fluxo constou 0,84 m/s e a vazão foi de 571,53 m^3/s. A turbidez aferida alcançou 23,9 NTU, os sólidos suspensos foram de 34 mg/L, constituindo uma descarga sólida de 1.678,94 t/dia (Tabela 03).

No período de estiagem, os valores obtidos foram: área de 337,17 m^2; velocidade do fluxo de 0,48 m/s; vazão de 161,84 m^3/s; sedimentos suspensos com 40 mg/L; turbidez de 19,7 NTU e descarga sólida de 559,31 t/dia (Tabela 03).

A análise dos sedimentos de fundo apontaram semelhanças nos dois períodos (cheia e estiagem) sendo: 70,5% e 72,35% de areia fina; 28,5% e 26,85% de areia média; 0,8% e 0,25% de areia grossa; 0,20% e 0,35% de argila e 0,20 % de silte presente somente na coleta de julho, na cheia essa fração não foi registrada (Tabela 04).

A ausência de silte, bem como a reduzida porcentagem de argila pode estar associada a maior velocidade do fluxo, fazendo com que esses componentes sejam

carreados na mesma velocidade das águas, sendo constantemente remobilizados pelo intenso fluxo de embarcações de pequeno porte, passando a fazer parte dos sedimentos suspensos. Assim, a granulometria dos sedimentos do fundo do canal fica restrito aos sedimentos mais grossos que são transportados por arraste.

Seção transversal 04

A útima seção realizada no rio Paraguai está situada a montante da ponte Marechal Rondon, construída sobre esse rio, interligando a rodovia BR 070 (Figura 30;31A). Nas imediações da margem esquerda do rio Paraguai, no setor industrial de Cáceres, localiza-se o porto de carga e descarga (Figura 32B).

Figura 32 – (A) Vista para a ponte Marechal Rondon e (B) Porto de carga e descarga

Foto: Luana Rodrigues de Carvalho (2019).

Este trecho do rio Paraguai localiza-se a jusante da confluência da baía do Malheiros, portanto, a partir dessa conflência o rio volta a fluir em canal único e é neste trecho que está situada a estação de captação de água para abastecimento da cidade.

Essa seção por situar a jusante das demais é influenciada pela adição de água e sedimentos advindos do conjunto de baías da planicie leste. Além disso, essa seção também sofre interferência do perímetro urbano e industrial de Cáceres, por meio da popuição das águas (lançamento de esgoto *in natura*) e incremento de detritos de origens diversas no leito que favorecem o assoreamento.

Vale ressaltar também o intenso fluxo de embarcações, que, segundo Souza (2004), colaboram para o intensificação dos processos erosivos das margens, por

consequência das ondas, que favorece o aparecimento de fendas nas margens, desmoronamento em blocos e solapamento basal.

Há presença de trilhas utilizados por pescadores que condicionam até a margem direita do rio para pesca de barranco, e esse fato corrobora para a mata ciliar encontrar-se parcialmente preservada.

Nessa seção, no período de cheia, a área foi de 1.360,91 m^2, a velocidade média do fluxo apresentou 0,84 m/s e a vazão foi de 1.183,99 m^3/s. A concentração dos sedimentos suspensos apontou 32 mg/L, com uma turbidez de 21,9 NTU e a descarga sólida em suspensão alcançou 3.273,49 t/dia, a maior registrada entre todas as seções (Tabela 02). Na estiagem, a área da seção apresentou 660,37 m^2, com velocidade do fluxo de 0,39 m/s, a menor registrada, e vazão de 257,54 m^3/s. Os sedimentos suspensos contaram com 30 mg/L, a turbidez com 16,4 NTU e a descarga em suspensão foi de 667,54 t/dia (Tabela 03).

O fato da ST04 apresentar a maioria das variávies hidrodinâmicas elevadas em comparação com as outras seções se justifica porque essa seção localiza-se a jusante da confluência da baía do Malheiros com o rio Paraguai, que reúne em sua desembocadura grande volume de água e sedimentos advindos do conjunto de baías da planície de inundação que passam a compor o rio Paraguai, agora, com características hidrodinâmicas com maiores proporções.

A análise dos sedimentos de fundo constou, assim como nas seções anteriores, predominância de material mais grossos, sendo a areia fina com maior percentual, 65,4% e 84,75%, em seguida aparece a areia média com 32,5% e 12%, a areia grossa com 1,45% e 2,75%, o silte com 0,44% e 0,15% e a argila com 0,21% e 0,35%, seguindo os dados obtidos na sequência cheia e estiagem (Tabela 04).

A predominância de frações de granulometria grossa também foi encontrado por Leandro e Souza (2012) nas proximidades dessa seção transversal e por Souza *et al.* (2015), em segmentos do rio Paraguai a jusante da área de estudo. Devido essa natureza granulométrica dos sedimentos de fundo, os autores supracitados convergem com a mesma percepção de que o rio Paraguai possui competência de transportar frações de areia ao longo do seu percurso.

4.4.2. Seções transversais realizadas nas baías da planície leste

Seção transversal 01

A partir desse subtítulo, as seções transversais diferem-se das seções apresentadas anteriores porque estão inseridas em um ambiente característico de planície de inundação, com condições fisiográficas e energéticas diferentes do canal principal do rio Paraguai.

A ST01 está localizada na entrada de uma baía denominada de baía Comprida (Figura 33). Esta retorna a ter conexão com o rio Paraguai a jusante, assumindo a característica de um canal secundário do rio Paraguai.

A baía Comprida constitui de extrema importância hidrossedimentológica para o sistema rio-planície (rio Paraguai e sua a planície de inundação, na margem esquerda), pois a mesma é o “tronco” que fornece água e sedimentos pra os demais canais que juntos formam um conjunto de baías que circundam grandes porções de terra emersa (ilhas), além de contribuir para abastecer o perímetro urbano de Cáceres.

As margens e a vegetação ciliar ao longo da baía encontram-se conservadas, com espécies bastante variadas e de ampla distribuição no corredor fluvial, citando como exemplo as seguintes: *Cecropia peltata* (Embaúba), *Ficus spp.* (Figueira), *Sapium obovatum* (Sarã), *Bergeronia sericea* (Biueiro), *Mouriri acutifolia* (Roncador), *Vochysia divergens* (Cambará) e *Triplaris formicosa* (Novateiro).

Foi observado que há instalações de pescadores na margem direita (Figura 33A). Notou-se também que a baía é frequentada por pescadores em embarcações de pequeno porte. Leandro *et al.* (2014) expõe que o fluxo desse tipo de embarcações no período de cheia se justifica porque a baía é utilizada como rota alternativa pelos pescadores.

O rio Paraguai entre o perímetro urbano, especificamente do local onde há a saída e recolhimento de barcos, até os pontos de pesca (barracos ou acampamentos e barrancos com atividade de ceva), localizados a montante da entrada da baía, é mais extenso, com 9,7 km a ser percorrido, logo o trajeto pela baía Comprida é adotado por ser menos extenso, com 7 km. Vale ressaltar que esse fluxo de embarcações de pequeno porte só é possível no período de cheia, pois no período de estiagem quase metade do percurso da baía, no sentido jusante, fica menos profundo e obstruído pelo assoreamento, inviabilizando e dificultando o acesso pelo canal.

Figura 33 – (A) Barra de sedimentos emersa no período de cheia e barraco de apoio de pescadores; (B) canal estreito e vegetação ciliar preservada

Fotos: Luana Rodrigues de Carvalho (2019).

Algumas variáveis hidrodinâmicas nesta seção transversal refletiram o contraste entre as registradas nas seções realizadas no rio Paraguai, indicando uma dinâmica fluvial distinta, com condições de energia diferentes comparadas ao canal principal, porém estão intrinsicamente dependentes do rio Paraguai, tanto no período de cheia como no período de estiagem.

Na coleta realizada no período de cheia, a seção transversal apresentou uma área de 162,15 m^2, a velocidade das águas foi de 0,51 m/s e a vazão de 82,69 m^3/s. A turbidez constou 26,2 NTU, o maior valor obtido entre todas as seções, a concentração de sólidos

suspensos alcançou 30 mg/L, e a descarga sólida atingiu 214,33 t/dia. Em julho, a área da seção foi de 126,90 m^2, a velocidade do fluxo registrada foi de 0,30 m/s e a vazão de 38,07 m^3/s. Os sólidos suspensos constaram 20 mg/L e a descarga suspensa foi de 65,78 t/dia. A turbidez foi de 18,1 NTU (Tabela 05).

Tabela 05 - Variáveis hidrodinâmicas e sólidos em suspensão nas seções transversais realizadas nas baías inseridas na planície leste

Seção transversal	Período	Vel. média (m/s^{-1})	Área (m^2)	Vazão (m^3/s^{-1})	Suspensão (mg/L)	Descarga suspensa (t/dia)	Turbidez (NTU)
01	Cheia	0,51	162,15	82,69	30	214,33	26,2
	Estiagem	0,30	126,90	38,07	20	65,78	18,1
02	Cheia	0,65	37,74	24,53	29	61,46	24,7
	Estiagem	0,21	18,87	3,96	30	10,26	16,8
03	Cheia	0,78	78,40	61,15	31	163,78	22,3
	Estiagem	0,36	36,40	13,10	30	33,95	18,2
04	Cheia	0,66	70,61	46,60	45	181,18	22,2
	Estiagem	0,40	67,54	27,01	30	70	20,1
05	Cheia	0,40	59,64	23,85	34	70,06	20,7
	Estiagem	0,06	53,25	3,19	28	7,71	16,3
06	Cheia	0,24	67,20	16,12	28	38,99	19,1
	Estiagem	0,07	2,80	0,19	30	0,49	19,6
07	Cheia	0,26	566,15	147,19	34	432,38	15,5
	Estiagem	0,07	340,53	23,83	40	82,35	20
08	Cheia	0,10	446,03	44,60	32	123,31	16,5
	Estiagem	0,05	218,27	10,91	40	37,70	16,5
09	Cheia	0,40	401,94	160,77	32	444,49	16,5
	Estiagem	0,13	131,54	17,10	20	29,54	16,1

Organizado por Luana Rodrigues de Carvalho (2019).

No período de cheia, a granulometria dos sedimentos de fundo apresentou os percentuais da composição amostral conforme esta ordem decrescente: 67% de areia fina; 32% de areia média; 0,39% de areia grossa; 0,4% de argila e 0,21% de silte. Enquanto que no período de estiagem a ordem teve alteração, sendo: 56,3% da fração areia média; 39,85% de areia fina; 2,2% de areia grossa; 1,25% de silte e 0,4% de argila (Tabela 06).

Tabela 06 - Granulometria dos sedimentos de fundo nas seções transversais realizadas nas baías

Seção transversal	Período	Granulometria (%)				
		Areia Grossa	Areia Média	Areia Fina	Silte	Argila
01	Cheia	0,39	32	67	0,4	0,21
	Estiagem	2,2	56,3	39,85	1,25	0,4
02*	Cheia	1,15	63,97	34,48	0,17	0,23
	Estiagem	1,45	57,45	31,1	9,45	0,55
06*	Cheia	0,52	21,70	76,91	0,63	0,24
	Estiagem	1,85	30,45	65,85	1.4	0,45
07	Cheia	1,83	10,19	67,16	19,95	0,87
	Estiagem	1,1	20,7	68	9,6	0,6
08	Cheia	0	3,13	95,51	1,09	0,27
	Estiagem	5,8	14,6	78,2	1	0,4
09	Cheia	31,05	18,05	49,10	1,46	0,34
	Estiagem	0,2	18,05	79,75	1,6	0,4

Organizado por Luana Rodrigues de Carvalho (2019).
Legenda: * Nas seções transversais (ST03, ST04, ST05) não foram realizadas coletas de sedimentos de fundo por motivos explicados adiante, dessa forma, essas seções não constam nessa tabela.

Seção transversal 02

A ST02 localiza-se na entrada da baía BA4, denominada desta maneira no mapeamento das feições (Figura 34). Esta recebe água e sedimentos da baía Comprida pela margem esquerda, portanto, integra o conjunto de baías que dinamizam o sistema rio-planície.

Parte do fluxo que seguia o sentido sul-sudeste pela baía Comprida toma a direção oposta, norte-noroeste, na nova feição. Após 62 m da entrada da baía BA4, a água passa a seguir no sentido nordeste, paralelamente ao curso do rio Paraguai neste compartimento, porém este escoa no sentido sudoeste (Figura 34), e esse fenômeno se dá pela diferença topográfica da planície e do rio principal.

Figura 34 – (A) Localização das ST01 e ST02 e (B) Aspectos da entrada da baía BA4

Fonte: Google Earth Pro (2019).
Foto: Luana Rodrigues de Carvalho (2019).

Na cheia, a seção transversal apresentou área de 37,74 m^2, a velocidade do fluxo foi de 0,65 m/s e a vazão alcançou 24,74 m^3/s. O valor da concentração dos materiais em suspensão foi de 29 mg/L, registrando uma descarga sólida de 61,46 t/dia, e a turbidez constou 24,7 NTU. Na estiagem, a área da seção diminuiu para 18,87 m^2, a velocidade para

0,21 m/s e a vazão para 3,96 m^3/s. A concentração de sólidos suspensos foi de 30 mg/L, a descarga suspensa registrou 10,26 t/dia e a turbidez foi de 16,8 NTU (Tabela 05).

Com a análise dos sedimentos de fundo, foi possível identificar a predominância de areia média, tanto na amostragem realizada em janeiro quanto na de julho, com 63,97% e 56,35%, respectivamente. Em seguida, destaca-se a fração de areia fina, com 34,48% e 31,1%. Na cheia, a areia grossa, silte e argila constaram percentuais semelhantes às encontradas nas seções anteriores, e no período de estiagem a fração de silte (9,45%) foi superior às registradas nas seções anteriores (Tabela 06).

Seção transversal 03

A ST03 localiza-se a montante da bifurcação em que a baía Comprida passa a contribuir para a baía BA5 (denominação utilizada no mapeamento das feições) (Figura 35).

Figura 35 – Localização das ST03, ST04 e ST05

Fonte: *Google Earth Pro* (2019), adaptado por Luana Rodrigues de Carvalho (2019).

Nesta seção, igualmente nas seções 04 (na entrada da BA5) e 05 (jusante da bifurcação), somente foi aferida a batimetria e realizada coleta de água-sedimentos para conhecimento de quanto a baía Comprida contribui em termos de materiais em suspensão para esta feição no conjunto de baías na planície leste.

Desta maneira, no campo realizado no período de cheia, a seção transversal apresentou área de 78,40 m^2, a velocidade média foi de 0,78 m/s, a maior velocidade do fluxo registrada entre as demais seções localizadas no ambiente de baías, e a vazão foi de 61,15 m^3/s. A turbidez foi de 22,3 NTU, a concentração dos sólidos suspensos obteve 31

mg/L e a descarga sólida atingiu 163,78 t/dia. Em julho, a área correspondeu a 36,40 m^2, a velocidade do fluxo alcançou 0,36 m/s, a vazão foi de 13,10 m^3/s. Registrou-se 18,2 NTU de turbidez, 30 mg/L de sedimentos em suspensão e uma descarga sólida de 33,95 t/dia (Tabela 05).

Neste segmento da baía Comprida observou-se que, no período de cheia, a vegetação marginal mantém-se encharcada devido ao transbordamento das águas do canal (Figura 36). Ao penetrar essa vegetação, as águas atingem as porções mais rebaixadas da planície de inundação, abastecendo as lagoas presentes nas imediações.

Figura 36 – Vegetação ciliar encharcada pelo transbordamento da baía Comprida

Foto: Luana Rodrigues de Carvalho (2019).

Seção transversal 04

Na entrada da baía BA5 encontra-se a quarta seção transversal monitorada na planície de inundação (Figura 35). Na coleta realizada no período de cheia esta seção apresentou área de 70,61 m^2, a velocidade média do fluxo foi de 0,66 m/s, a vazão registrada foi de 46,60 m^3/s, a quantidade de sedimento em suspensão foi de 45 mg/L, a carga suspensa alcançou 181,18 t/dia e a turbidez constou 22,2 NTU (Tabela 05).

Na estiagem, a área da seção foi de 67,54 m^2, com 0,40 m/s de velocidade das águas e vazão de 27,01 m^3/s. A turbidez foi de 20,10 NTU, a concentração de sólidos suspensos foi de 30 mg/L e a descarga sólida de 70 t/dia (Tabela 05).

Diante dos dados obtidos, o parâmetro concentração de sólidos suspensos destacou-se nesta seção, pois foi o maior valor registrado entre as demais seções no período de cheia quanto no período de estiagem. Esse fato pode estar associado ao processo de erosão da margem direita da baía BA5 por solapamento basal e ao pisoteio de gado que tem acesso ao leito (identificado no campo realizado no período de estiagem) (Figura 37A;B), assim, os materiais finos desprendidos da margem passam a compor a carga de sedimentos transportados em suspensão.

Figura 37 – (A) Erosão por solapamento basal e (B) Presença de gado na planície de inundação

Fotos: Luana Rodrigues de Carvalho (2019).

Tendo em vista os resultados da batimetria e de sólidos suspensos é possível afirmar que esta baía assume papel importante quanto ao comportamento que a baía Comprida passa a ter a jusante, principalmente no período de estiagem, pois a baía BA5 captura boa parte da carga líquida e sólida da baía Comprida, fazendo com que nesta haja a diminuição do volume de água e velocidade do fluxo, propiciando o processo de deposição de sedimentos que obstruem o canal, inviabilizando o “atalho” adotado pelos pescadores.

Seção Transversal 05

A ST05 localiza-se na baía Comprida, a jusante da bifurcação desta com a baía BA5 (Figura 35). Na cheia, a seção apresentou área de 59,64 m^2, a velocidade média do fluxo constou em 0,40 m/s e a descarga líquida de 23,85 m^3/s. A turbidez foi de 20,7 NTU,

o valor da concentração dos sólidos em suspensão foi de 34 mg/L, e a carga suspensa de 70,06 t/dia (Tabela 05).

Na estiagem, a área da seção constou 53,25 m^2, a velocidade do fluxo foi de 0,06 m/s e a vazão de 3,19 m^3/s. Foi registrado 28 mg/L de sedimentos em suspensão, 7,71 t/dia de descarga sólida e 16,3 NTU de turbidez (Tabela 05).

Em ambas coletas essa seção apresentou a maioria das variáveis hidrodinâmicas, a turbidez e a carga suspensa inferiores às duas seções anteriormente expostas. Isso pode ser justificado pela perda de fluxo e sedimentos em suspensão para a baía BA5, pela distribuição do volume de água pela planície de inundação, ocasionando a redução das condições de energia do canal, proporcionando a dinâmica deposicional neste segmento da baía que se estende rumo à sua saída.

Essa condição é manifestada com expressividade no período de estiagem, pois o canal por ser dependente do rio Paraguai, reflete os estágios do regime hídrico, tornando mais visível os processos deposicionais por se tratar de um canal secundário com especificidades morfológicas e condições de energia diferentes.

Seção transversal 06

Localizada nas proximidades da saída da baía Comprida encontra-se a ST06. A mesma deságua em outra baía pertencente ao conjunto de baías da planície leste, porém, esta tem dimensões superiores devido sua gênese se tratar de um paleocanal do rio Paraguai que mantém-se conectado a jusante, de forma perene, ao rio principal (Figura 38).

A confluência da baía Comprida com a baía do Iate é um dos pontos cruciais do sistema rio-planície no corredor fluvial, pois a baía Comprida contribui com água e sedimentos para a baía do Iate, que por sua vez são carreados a jusante, colaborando para o assoreamento da baía do Malheiros, nas imediações da área central de Cáceres.

A vegetação ciliar deste ponto encontra-se preservada. A mesma é adaptada ao encharcamento promovido pela inundação decorrente dos períodos de cheia, o que dificulta a identificação visual das margens da baía, logo que a água recobre toda a área (Figura 39A). Nesta seção, no período de cheia, foi constatado a presença de macrófitas aquáticas da espécie *Eichhornia crassipes* (aguapés) de tal maneira que abstruía quase a totalidade do espelho d'água (Figura 39B).

Figura 38 – Localização das ST08 e ST09

Fonte: *Google Earth Pro* (2019), adaptado por Luana Rodrigues de Carvalho (2019).

O agrupamento dessa vegetação neste ambiente se deve à pouca profundidade, baixa velocidade do fluxo, o que intensifica a obstrução do canal por meio do assoreamento. Embora não tenha sido realizado análises químicas da água nesta pesquisa, associa-se o crescimento dessas macrófitas aquáticas às concentrações de nutrientes na água, como o nitrogênio e o fósforo, que segundo Prado *et al.* (1994), propiciam na proliferação dessa flora no Pantanal, e a concentração desses nutrientes químicos na água aumentam durante o período de enchimento e de vazante, que é quando ocorre as mudanças no nível da água que causam mortalidades maciças na biota.

Nesse sentido, a fonte desses nutrientes pode ser da própria dinâmica sazonal do rio Paraguai que, no estágio de enchente provoca a mortalidade da vegetação terrestre do período de estiagem que é afogada pela água e os microrganismos aquáticos agem para liberar os nutrientes disponíveis, resultando na elevação de substâncias orgânicas e inorgânicas dissolvidas, e, no período de vazante quando os corpos d'água diminuem drasticamente o volume de água, há o aumento dos nutrientes devido à morte da flora e fauna aquáticas e à maior ocorrência de excrementos dos animais, que enriquecem ainda mais a água, repercutindo no desenvolvimento das macrófitas aquáticas (PRADO *et al.*, 1994).

Figura 39 – (A) Inundação nas proximidades da saída da baía e (B) macrófitas aquáticas na saída da baía Comprida

Fotos: Luana Rodrigues de Carvalho (2019).

A fonte desses nutrientes também podem estar associada à composição química das rochas e solos presentes na unidade de estudo ou nas áreas de influência a montante, bem como pode ser de origem antrópica, por meio do uso de agroquímicos ricos em material fosfatado que possivelmente são usados em áreas agricultáveis a montante, nas porções de planalto, que, por ventura, acabam chegando aos rios com o escoamento das águas da chuva, condicionando para o desenvolvimento de ambientes eutróficos. Essas

últimas duas colocações merecem estudos apropriados e minuciosos a fim de conhecer a química e a qualidade das águas e a origem dos elementos que as compõem.

Rocha e Souza Filho (2005) verificaram em um canal secundário que compreende o trecho multicanal do Alto Paraná, o processo de assoreamento do canal Cortado por meio de barras de coalescência que, no período de estiagem, se imobilizam fechando os canais de entrada de fluxo, o mesmo ocorre no sentido jusante com o assoreamento do canal. Assim, os autores expõem que a baixa velocidade ocasionada pela obstrução parcial do canal e a progressiva redução da profundidade favorece o intenso desenvolvimento de aguapés, acentuando ainda mais o processo de abandono do canal secundário.

As variáveis hidrodinâmicas obtidas no período de cheia apontaram que a seção registrou área de 67,20 m^2, a velocidade média foi a menor obtida ao longo da baía Comprida (0,24 m/s), igualmente como a menor vazão (16,12 m^3/s) e descarga sólida em suspensão (38,99 t/dia) indicando que neste ponto há a menor condição de energia do canal e esse fato foi reafirmado por meio dos dados obtidos na campanha do período de estiagem, onde a área apresentou 2,80 m^2, a velocidade do fluxo foi de 0,07 m/s, registrando a menor vazão (0,19 m^3/s) e, consequentemente, a menor descarga sólida em suspensão (0,49 t/dia) entre todas as seções (Tabela 05).

Conforme Leandro *et al.* (2014), a redução dos valores hidráulicos está atrelada às condições dos períodos hidrológicos (cheia e estiagem), que repercute na amplitude fluviométrica ao longo do corredor fluvial, onde o rio Paraguai é o responsável pelos pulsos de inundação que dinamizam a planície.

Nessa perspectiva, a baía Comprida é dependente do rio Paraguai em termos de volume de água e sedimentos, e no período de estiagem quando houve a redução desses elementos no rio Paraguai, os mecanismos deposicionais tornaram-se visíveis nessa baía, impossibilitando o trajeto por barco para a realização da atividade de campo.

A turbidez foi outro parâmetro que diminuiu em direção a jusante ao longo do percurso da baía Comprida, constando 19,1 NTU, em consonância com a concentração de sólido suspenso (28 mg/L), o menor valor registrado entre todas as seções no período de cheia.

No período de estiagem, os valores desses parâmetros não tiveram grande diferença, sendo registrado 19,6 NTU e 30 mg/L de sólidos suspensos. Este fato pode estar associado à redução da velocidade do fluxo e à vazão, contribuindo para a decantação e a

gradativa deposição dos sedimentos em suspensão, à maior distribuição do fluxo para a planície, dispersando as partículas suspensas pelo perímetro, podendo estar relacionado também à influência que as aguapés exercem na retenção desses sólidos suspensos pelo seu sistema radicular.

De acordo com Oliveira e Rodrigues (2002), no estudo realizado no rio Taquari, contribuinte do rio Paraguai no pantanal de Mato Grosso do Sul, foi constatado que grande parte dos sedimentos transportados em suspensão são depositados sobre as raízes e caules das macrófitas.

As análises granulométricas apontaram a predominância de areia fina tanto na cheia quanto na estiagem, com 76,91% e 65,85%, respectivamente e a fração areia média aparece com 21,70% e 30,45%, nessa ordem de amostragem. As demais frações não foram tão representativas quanto a areia fina e média (Tabela 06). A acumulação de sedimentos de fundo e suspensão associados à baixa velocidade do fluxo, ou seja, à perda de energia do canal na saída da baía Comprida favorece para a evolução de feições deposicionais encontradas no ambiente de confluência com a baía do Iate, que podem, com o tempo, obstruírem a saída do canal por meio do processo de estabilização dos depósitos causado pelo desenvolvimento de vegetação pioneira.

Esse componente da dinâmica fluvial (aporte de sedimentos) favorece fortemente na origem e evolução de feições morfológicas vinculadas à deposição de sedimentos nesse segmento do corredor fluvial.

Seção transversal 07

A jusante da foz da baía Comprida encontra-se a ST07, localizada na baía do Iate. Na cheia, a área da seção apresentou 566,15 m^2, a velocidade do fluxo registrado foi de 0,26 m/s, com vazão de 147,19 m^3/s. A turbidez medida foi de 15,5 NTU, o valor mais baixo registrado em comparação com as outras seções, os sólidos em suspensão apresentaram uma concentração de 34 mg/L e a descarga sólida consistiu em 432,38 t/dia (Tabela 05).

O menor valor de turbidez neste ponto foi similar ao encontrado por Bühler *et al.* (2013) na baía do Malheiros, a jusante dessa seção, onde foi registrado 15,7 NTU no período de cheia. Esse valor relativamente baixo para o período de cheia pode estar associado à diluição e dispersão dos sólidos suspensos proporcionado pela maior cota

fluviométrica (seção mais profunda comparada com as demais) e incremento de maior volume de água.

Na atividade de campo realizada no período de estiagem foi constatada área de 340,53 m^2, velocidade média do fluxo de 0,07 m/s e descarga líquida de 23,83 m^3/s. A turbidez registrada foi de 20 NTU, a concentração dos sedimentos suspensos foi de 40 mg/L e a descarga sólida de 82,35 t/dia.

Os maiores valores de sedimentos suspensos e turbidez na estiagem pode estar associado ao fluxo de pequenas embarcações pela baía que provocam a remobilização dos sedimentos que já se encontram suspensos e às ondas ocasionadas pela passagem das embarcações, intensificando a erosão das margens, desprendendo sedimentos finos que passam a compor os sólidos suspensos na água. O fluxo de pescadores nesse dia específico da coleta está relacionado ao evento internacional de pesca realizado em Cáceres, que iniciou um dia após a atividade de campo.

Nesta seção, a granulometria dos sedimentos que compõe o fundo do canal indica o predomínio de areia fina com 67,16% (cheia) e 68% (estiagem) das amostras analisadas. A fração silte, partícula fina, teve destaque nessa seção comparada com as demais, apresentando 19,95% da composição na amostra coletada em janeiro e 9,6% em julho (Tabela 06).

Os resultados indicam particularidades nesta seção, pois é a que apresenta o maior percentual da fração silte. Essa condição pode estar associada a rugosidade do leito do canal com espaços distintos de velocidades do fluxo. Nesse sentido, na porção mais profunda, onde localiza-se o talvegue, há maior velocidade do fluxo e, portanto, maior competência de transportar os sedimentos de granulometria mais grosseira, logo, nos ambientes de menor velocidade da seção torna-se propicio a deposição dessa fração fina, podendo justificar a presença da mesma.

Haak e Oliveira (2012) se depararam com uma situação semelhante em um dos pontos coletados na bacia hidrográfica do rio Cubatão do Norte, em Santa Catarina, que, além do predomínio de areia grossa, foi registrado uma porção significativa de sedimentos finos, silte e argila. Os autores justificam a presença desse material fino pela topografia do leito canal, sendo nas proximidades das margens os locais favoráveis para a deposição desses sedimentos e, no centro do canal, de maior velocidade, ambiente propício para a presença de sedimentos mais grossos.

Seção transversal 08

A ST08 localiza-se na baía do Malheiros, situada entre a extremidade noroeste da ilha do Malheiros e a planície de inundação, à margem direita (Figura 40). Esse ponto localiza-se a jusante da bifurcação que a baía forma, circundando a referida ilha. A vegetação ciliar nesta seção mantém-se preservada em ambas margens.

Figura 40 – Localização das ST08 e ST09

Fonte: *Google Earth Pro* (2019), organizado por Luana Rodrigues de Carvalho (2019).

Na cheia, a seção transversal apresentou uma área de 446,03 m^2, a velocidade das águas foi de 0,10 m/s, a menor velocidade registrada entre todas as seções realizadas no período de cheia, e obteve uma vazão de 44,60 m^3/s. A concentração dos sólidos em suspensão foi de 32 mg/L, a turbidez aferida foi de 16,5 NTU e a descarga em suspensão foi de 123,31 t/dia (Tabela 05).

No período de estiagem, a área da seção foi de 218,27 m^2, a velocidade do fluxo, assim como a registrada na cheia, foi a menor entre todas as outras seções, com 0,05 m/s, e a descarga líquida alcançou 10,91 m^3/s. Os sedimentos em suspensão foram de 40 mg/L,

a turbidez da água foi a mesma obtida no primeiro campo, 16,5 NTU, e a descarga sólida foi de 37,70 t/dia.

Os sedimentos de fundo nesta seção são maioritariamente compostos por areia fina, com 95,51% (cheia) e 78,2 (estiagem), seguida de areia média com 3,13% e 14,2%, na mesma ordem de coleta. Não houve registro da fração areia grossa na cheia, mas na estiagem aparece com 5,8%, a fração silte aparece com 1,09% na cheia e com 1% na estiagem, enquanto a argila constou 0,27% e 0,4%, respectivamente (Tabela 06).

A presença da fração areia grossa no período de estiagem pode estar associado ao processo de remoção e transporte mais seletivo dos sedimentos de calibres mais finos, semelhante ao encontrado na pesquisa de Fernandez (2003), onde os sedimentos de grosso calibre (grânulos) foram encontrados no período de estiagem e o autor justificou que isso se deve à contínua remoção seletiva dos sedimentos finos durante as vazões baixas, período com menor pluviosidade, e, durante o período de cheia, essa camada de sedimentos mais grossos é removida como resultado do transporte generalizado de todas as frações sedimentares.

A baixa velocidade do fluxo associada ao aporte de sedimentos nesta seção, tanto no período de cheia quanto na estiagem, favorece para o assoreamento neste segmento da baía do Malheiros, condicionando a diminuição da profundidade e favorecendo para a evolução de feições deposicionais, como a anexação de barras de sedimentos à ilha do Malheiros e barras submersas no canal, como identificado no mapeamento de feições morfológicas (Figuras 22 e 25).

Em uma área a montante desta área de estudo, na baía Salobra, Andrade *et al.* (2013) identificaram diferentes feições deposicionais (barras laterais e centrais) relacionadas ao aporte de sedimentos arenosos, e os autores evidenciaram que a evolução dessas feições deposicionais podem estar associadas às disfunções ao longo da bacia hidrográfica.

Seção transversal 09

No outro lado da ilha do Malheiros, na costa sudeste, entre a margem esquerda da baía de mesma nomenclatura localiza-se a ST09. A margem esquerda não possui vegetação ciliar pois foi retirada durante o processo de ocupação da baía para edificação

da cidade de Cáceres, dessa maneira, a margem não possui características naturais (Figura 41).

Figura 41 – Área urbanizada na margem esquerda da baía do Malheiros

Foto: Luana Rodrigues de Carvalho (2019).

Um trecho da margem esquerda da baía possui aspecto rampeado para facilitar o acesso e o recolhimento de barcos de pequeno porte (Figura 42A), portanto, esse ponto no corredor fluvial confere o maior fluxo dessa categoria de embarcação. Também na margem esquerda da baía do Malheiros ficam ancoradas embarcações de maior porte (Figura 42B), voltadas para atividades turísticas. Nessa baía, os usos associados à água referem-se à pesca embarcada e ao turismo.

A montante da seção transversal, próximo ao ponto de acesso de pequenas embarcações, há a confluência do córrego Sangradouro com a baía do Malheiros. Esse córrego percorre a área urbana de Cáceres e seu baixo curso passa por galeria fluvial. Seu canal recebe elevada carga de sedimentos de origens diversas devido as atividades urbanas em suas margens.

Figura 42 – (A) Barcos e canoas na área permitida para subir e descer embarcações de pequeno porte e (B) Embarcações de maior porte ancoradas à margem esquerda da baía do Malheiros

Fotos: Luana Rodrigues de Carvalho (2019).

Santana (2017) expõe que as alterações nesse córrego ocorreram de forma concomitante com o processo de urbanização de Cáceres, em que as formas de uso fizeram com que a função ecológica fosse reduzida comparada à social, dessa maneira, o canal fluvial atualmente é usado como sistema de lançamento de efluentes. Souza (2004) argumenta que no período de cheia o lançamento de esgoto e o depósito de lixo que o córrego Sangradouro recebe podem ser transportados para o rio Paraguai.

Cruz (2013) encontrou no córrego Sangradouro, no período de cheia, o valor de 160 mg/L de sedimentos em suspensão, valor bastante elevado ao comparar com os encontrados nas seções transversais mensuradas nesta dissertação. Além disso, o autor supracitado constatou o predomínio de silte e areia fina ao longo do perfil longitudinal do córrego urbano. Dessa forma, o córrego Sangradouro contribui com uma alta carga de sedimentos para a baía do Malheiros, que transporta até o rio Paraguai.

No período de cheia, a seção transversal apresentou área de 401,94 m^2, onde foi registrada uma velocidade média do fluxo de 0,40 m/s, com vazão de 160,77 m^3/s. A concentração dos sólidos suspensos apontou 32 mg/L, com turbidez aferida de 16,5 NTU e uma descarga sólida que alcançou 444,49 t/dia (Tabela 05).

No período de estiagem, a área da seção foi de 131,54 m^2, a velocidade do fluxo de 0,13 m/s e a vazão alcançou 17,10 m^3/s. Os sedimentos em suspensão constaram 20 mg/L, a turbidez foi de 16,1 NTU e a descarga sólida em suspensão atingiu 29,54 t/dia (Tabela 05).

Seguindo ordem decrescente referente a quantidade granulométrica dos sedimentos que caracterizavam o fundo do canal no campo de cheia foram: 49,10% de areia fina; 31,05% de areia grossa; 18,05% de areia média; 1,46% de silte e 0,34% de argila. Na estiagem, a granulometria dos sedimentos foram: 79,75% de areia fina; 18,05% de areia média; 1,6% de silte; 0,4% de argila e 0,2 de areia grossa (Tabela 06).

Vale ressaltar que nessa seção foi possível observar que algumas partículas associadas a restos de construções e fragmentos de vidro foram capturadas pelo amostrador de mandíbulas (Figura 43), isso se deve às características da margem urbanizada, e pode estar relacionado à contribuição sedimentar do córrego Sangradouro. Esses sedimentos chegam à baía e são transportados para o rio Paraguai, localizado a jusante dessa seção.

Figura 43 - Fragmentos grossos e material tecnogênico capturados pelo amostrador de mandíbulas

Foto: Luana Rodrigues de Carvalho (2019).

Vale ressaltar que, os sedimentos encontrados nas seções transversais podem ter origem tanto de ambientes distantes quanto de ambientes próximos ou até mesmo da própria área de estudo por meio da erosão das margens que provocam a inserção de material de fundo e suspensão no canal fluvial.

Os sedimentos advindos das áreas fontes a montante, nos planaltos, possivelmente são derivados dos arenitos que são as rochas predominantes na geologia desse segmento da bacia do Alto Paraguai, com um alto potencial erosivo e com elevada produção de sedimentos, intensificados por meio dos maus usos do solo (CALHEIROS *et al.*, 2018). Portanto, esses sedimentos são transportados por extensas distâncias até que chegam à

área de estudo, e esses materiais estão sujeitos à deposição nesta porção do sistema fluvial a depender das condições de energia do canal e de sua competência de transporte.

É possível relacionar se o sedimento é proveniente de áreas próximas ou distantes a partir de sua condição de desgaste. Leinz e Amaral (2003) mencionam que os materiais transportados de longas distâncias perdem suas arestas graças à abrasão e ao impacto recíproco, transformando-se em sedimentos arredondados, com formas esféricas, cilíndricas, elipsóides ou discóides, dependendo da forma que possuia originalmente, enquanto que os sedimentos que não possuem características arredondadas são de áreas próximas. É possível afirmar que os fragmentos encontrados na ST09 são provenientes de áreas próximas, associados à área urbana de Cáceres até mesmo pela presença de vidro.

4.4.3. Ánalise longitudinal dos dados obtidos

Em síntese, as velocidades médias registradas tanto nas seções transversais no rio Paraguai quanto nas baías foram superiores no período de cheia (Figura 44).

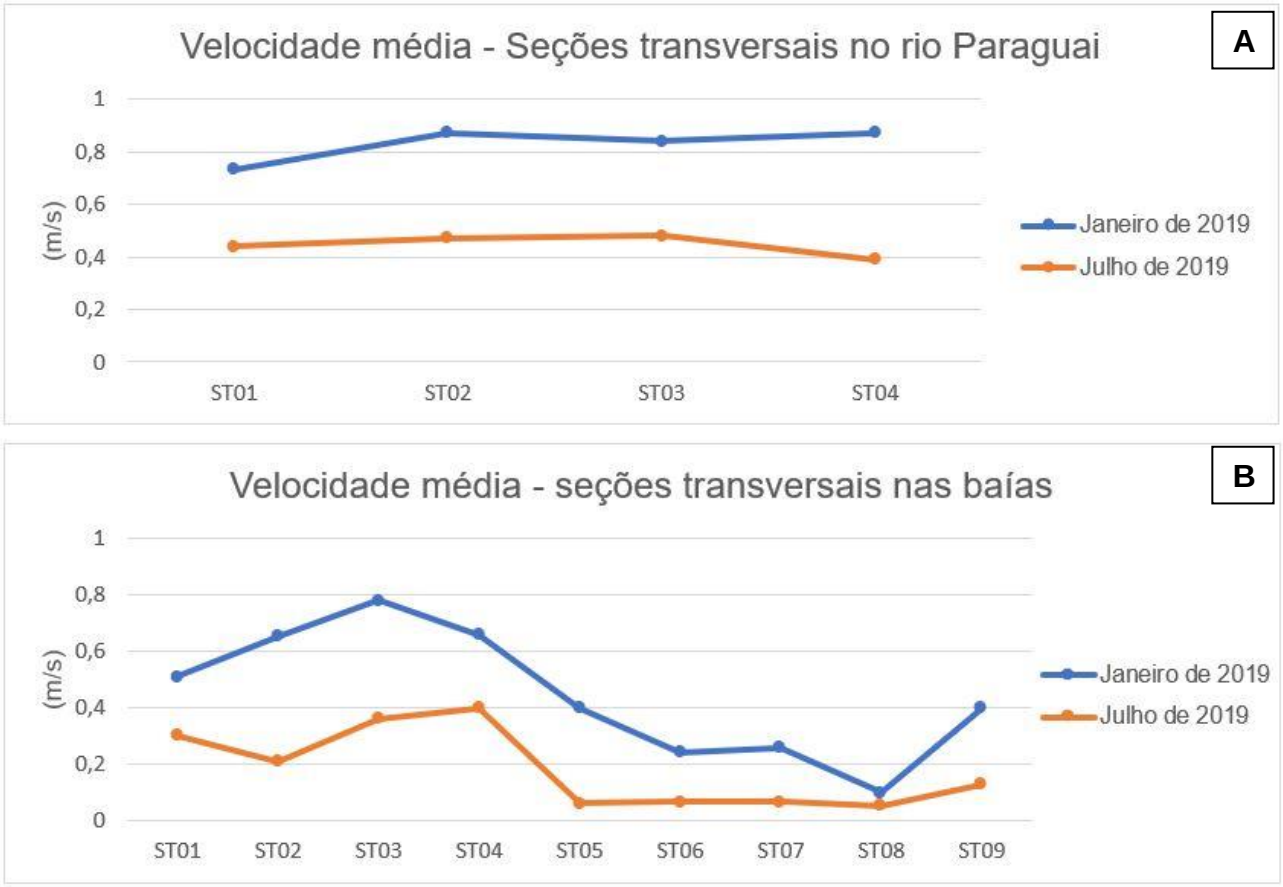
As seções realizadas a partir do segundo bifurcamento da baía Comprida (ST05), a seção da baía do Iate e do Malheiros constaram os menores valores coincidindo com os segmentos mais assoreados das baías, assim, a variável velocidade do fluxo corrobora para a dinâmica morfologia desses canais (Figura 44B).

Destaca-se a ST08, pois foi a seção que apresentou valores muito baixos nas duas coletas, apontando ser um ambiente cujo processo de sedimentação é recorrente (Figura 44B).

Os dados referentes às descargas líquidas apontaram débidos reduzidos no período de estiagem em relação aos dados obtidos no período de cheia (Figura 45).

Pertinente aos valores de vazão nas seções transversais do rio Paraguai, no período de cheia, destaca-se a ST02, pois esta apresentou-se superior à ST01, o que pode estar relacionado ao aumento da descarga líquida devido a contribuição do rio Cabaçal em junção às águas do rio Paraguai (Figura 45A).

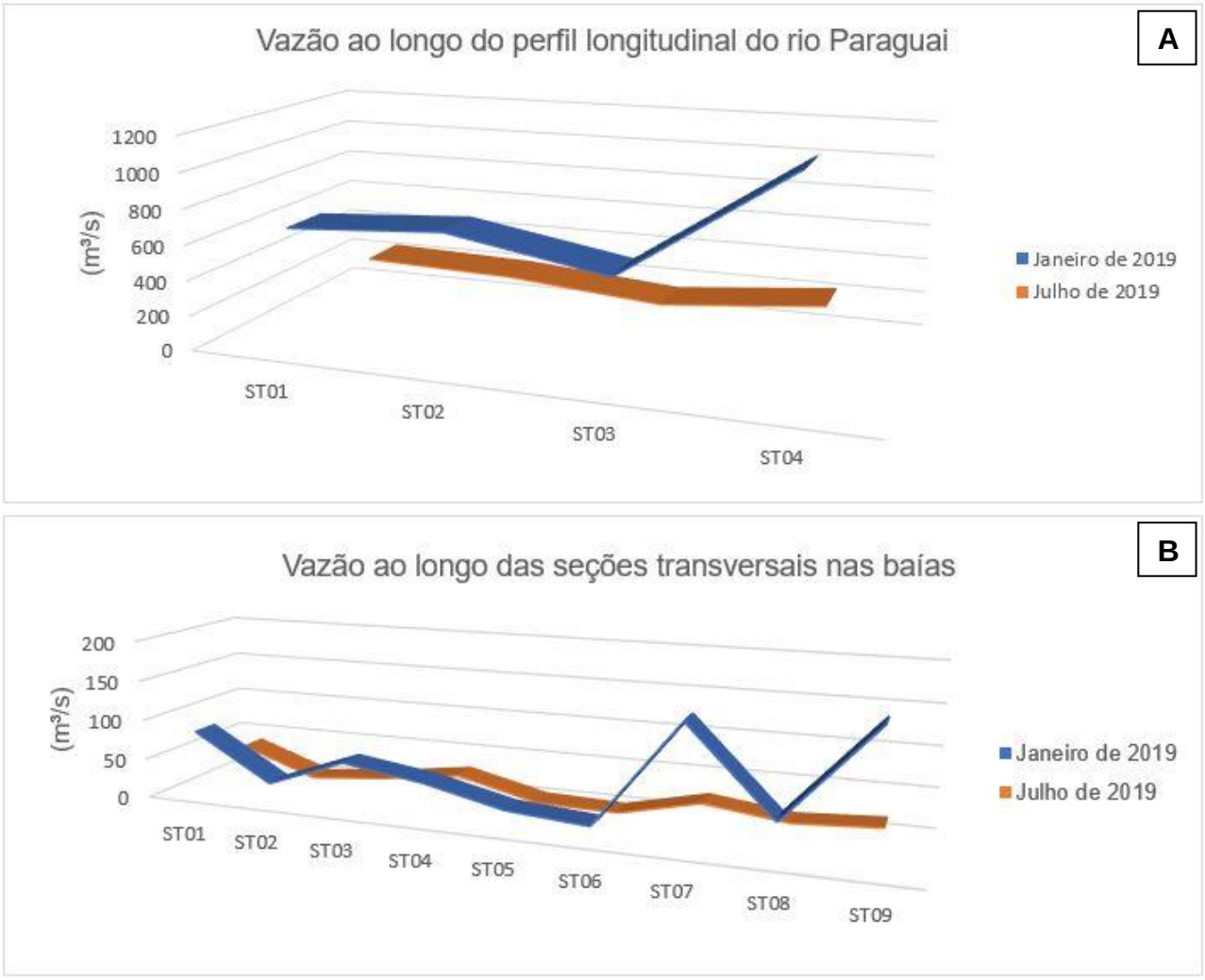
Figura 44 – Velocidade média do fluxo nas seções transversais



Elaborado por Luana Rodrigues de Carvalho (2019).

Comparado às duas seções a montante (ST01 e ST02), a vazão decresce na ST03 nos dois períodos, esse fato pode ser justificado pela distribuição do volume de água para a planície, o exemplo disso é a baía Comprida, canal secundário localizado na planície leste, que recebe parte desse volume. A descarga líquida volta a aumentar na ST04 (Figura 45A), a seção mais a jusante da área de estudo, que reúne águas e sedimentos advindos da planície leste, por meio da confluência das baías do Malheiros e do Iate com o rio Paraguai.

Figura 45 – Vazão média nas seções transversais



Elaborado por Luana Rodrigues de Carvalho (2019).

Nas seções transversais contidas nas baías, as que se destacaram foram: a ST07 e a ST09, por se tratarem do paleocanal do rio Paraguai, foram as que registraram os maiores valores de descarga líquida na expedição de campo de janeiro de 2019; e a ST08 por referir-se ao ambiente em que o processo de assoreamento e deposição é recorrente. Ao longo da baía Comprida, que corresponde da ST01 à ST06, os valores não obteveram amplitude superior a 100 m³/s, como na ST07 e na ST09 (Figura 45B).

A concentração dos sedimentos em suspensão variou entre 28 e 45 mg/L no período de cheia e de 20 a 40 mg/L no período de estiagem, ou seja, não houve diferenciação discrepante entre um período e outro.

Leandro (2015), em suas coletas em pontos a montante da área de estudo constatou concentrações de sedimentos em suspensão acima de 100 mg/L. Comparando

com os dados levantados nesta dissertação, os sedimentos em suspensão foram bastante inferiores. Fatores ambientais como volume pluviométrico, uso da terra nas proximidades da área de estudo e o alto aporte sedimentar dos afluentes do rio Paraguai neste segmento adotado na pesquisa do autor citado podem ter causado os elevados valores de sólidos suspensos.

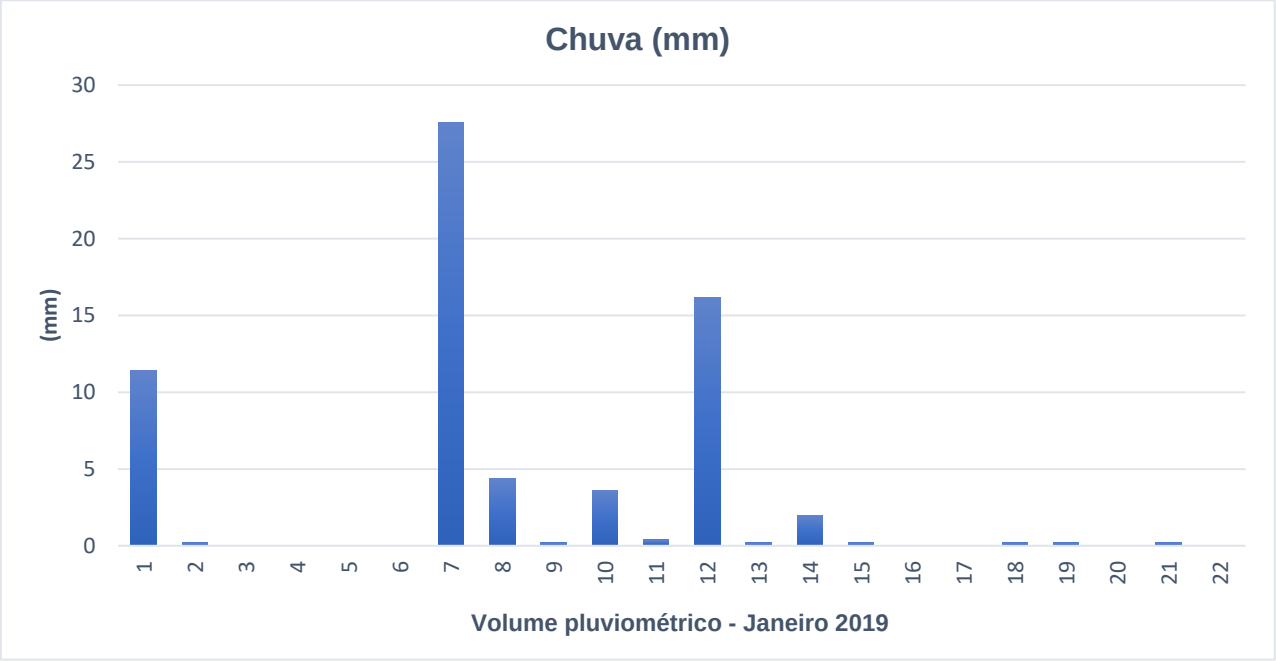
Segundo Carvalho (2008), os maiores valores referentes à quantidade de sedimentos em suspensão está comumente relacionada às precipitações ocorridas no período chuvoso. Corroborando com o autor supracitado, Hoffmann (2017), em sua pesquisa, quando encontrou baixas concentrações de sedimentos em suspensão e turbidez em relação aos demais dias de coleta, relacionou esse comportamento à falta de chuvas nos dias que antecederam a amostragem.

Conforme constatado no estudo de Garrido *et al.* (2018) na bacia hidrográfica do rio Piranhas, no estado da Paraíba, o volume de chuvas em consonância com a “lavagem” da bacia hidrográfica, por meio do escoamento superficial, provoca o aumento da carga suspensa nos canais fluviais durante o período de cheia. Os autores supracitados registraram o valor de 161,99 mg/L para uma vazão de 19,93 m/s, valor elevado comparado ao obtido no período de estiagem, com 2,53 mg/L para uma vazão de 9,68 m/s.

Diante do exposto, os dados referentes à concentração de sedimentos suspensos obtidos no corredor fluvial não variaram muito do período de cheia para o período de estigem, diferindo do encontrado na maioria das pesquisas nesse âmbito. Mas, esse fato seria justificado pelo pouco volume de chuvas (67 mm) nos 21 dias que antecederam a atividade de campo realizada no período de cheia (22 de janeiro), conforme pode ser verificado junto aos dados pluvimétricos registrados pela Agência Nacional de Águas (ANA), na estação pluviométrica de Cáceres, o que pode ter induzido na baixa concentração de sedimentos suspensos nas seções transversais (Figura 46).

O volume de precipitação registrado nesse mês com referência aos 21 dias anteriores à atividade de campo foi considerado baixo pois há registros de chuvas neste mesmo mês em diferentes anos e na mesma estação pluviométrica que apresentou acima de 67 mm em 24 horas, conforme dados apresentados por Santos *et al.* (2017), como exemplo, no dia 04 de janeiro de 2009, que foi registrado 124,6 mm de chuva durante o período de um dia.

Figura 46 – Volume pluviométrico dos 21 dias anterios à atividade de campo do mês de janeiro de 2019



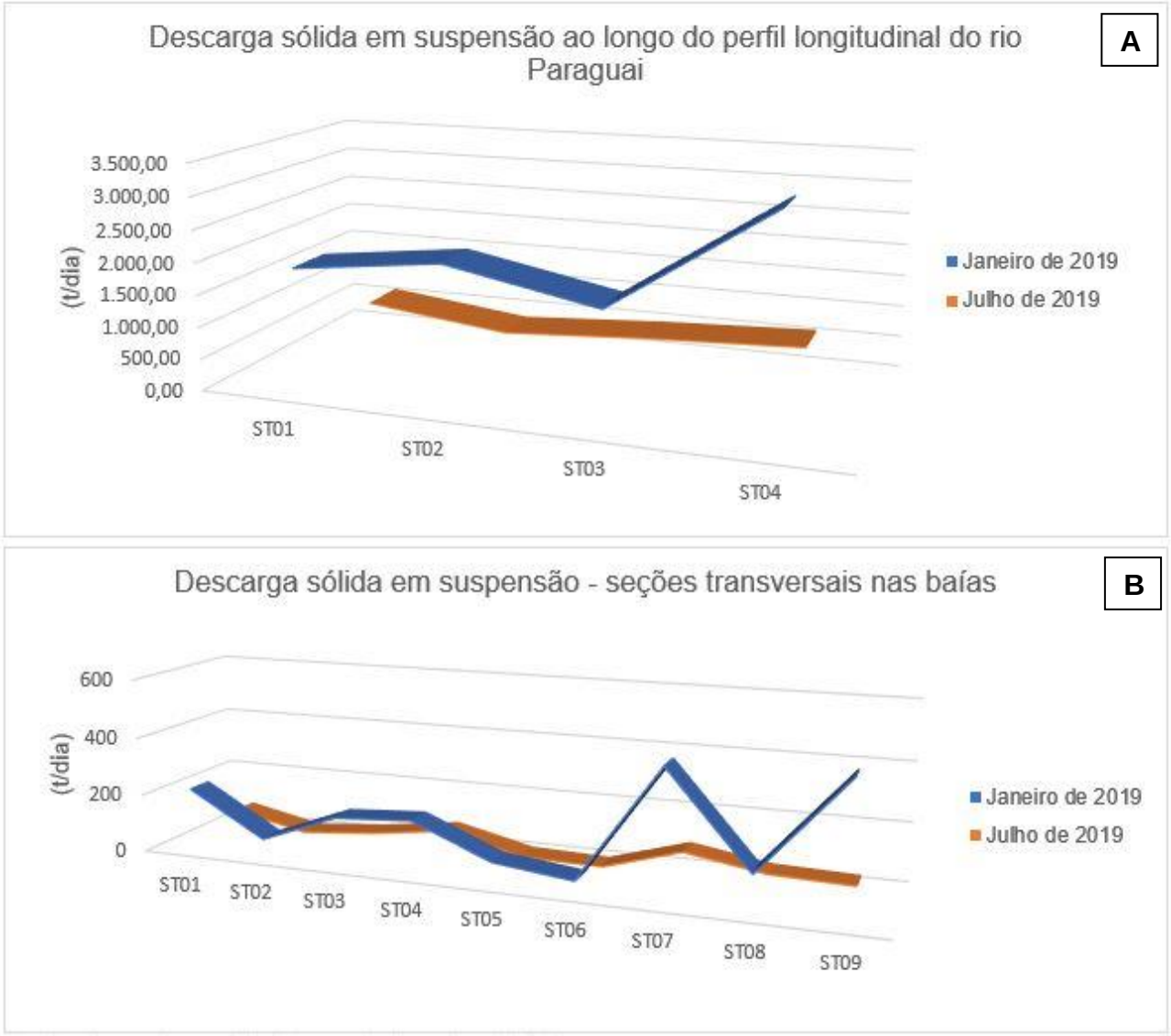
Fonte Agência Nacional de Águas (ANA), Estação Pluviométrica de Cáceres (DNPVN), código 01657003, Organizado por Luana Rodrigues de Carvalho (2019).

Ao comparar com dados recentemente obtidos por Silva (2018), em um segmento a jusante desta área de estudo, os resultados foram aqui levantados foram bastante semelhantes, pois as concentrações de sedimentos em suspensão encontradas pelo autor supracitado variaram entre 10 e 40 mg/L, em amostragens realizadas nos dois períodos hidrológicos, cheia e estiagem. As condições pluviométricas no período de cheia anteriores a data da campanha de coletas do autor citado, também podem ter influenciado nos valores baixos registrados.

O nível da turbidez da água variou entre 15,5 a 26,2 NTU na cheia e de 16,1 a 20,1 NTU na estiagem (Tabela 03; 05). Em 8 seções transversais, considerando as 13 seções no total, isto é, em 61,5% das seções, quando houve a redução na concentração de sedimentos em suspensão na estiagem, o parâmetro turbidez comportou-se da mesma forma, apresentanto valores mais baixos que os registrados no período de cheia. Esses dados indicam que há uma relação direta entre esses dois parâmentros na maioria das seções transversais (Tabela 02).

Quanto ao comportamento da descarga suspensa ao longo do perfil longitudinal do rio Paraguai foi possível notar que essa variável está atrelada à vazão (Figura 45; 47).

Figura 47 – Descarga sólida em suspensão nas seções transversais



Elaboarado por Luana Rodrigues de Carvalho (2019).

Adotando os dados referentes a vazão e descarga sólida em suspensão obtidos na ST04 (Figura 45A; 47A) frisa-se a relação direta entre essas duas variáveis a depender da concentração de sedimentos em suspensão (mg/L), pois quando a vazão aumenta, a descarga de sedimentos em suspensão também aumenta, da mesma forma, quando a vazão é reduzida, mesmo que apresente uma concentração de sedimentos em suspensão semelhante à da ST04 (seção realizada no rio Paraguai), a descarga sólida em suspensão tende a ser diminuta, como pode ser observado na ST06 (Figura 47B), nos dados obtidos no período de estiagem, onde a vazão constou 0,19 m^3/s, a concentração de sedimentos

em suspensão foi de 30 mg/L e a descarga suspensa alcançou o valor de 0,49 t/dia (Tabela 03).

Em termos gerais, os resultados obtidos nas seções transversais realizadas no canal principal do rio Paraguai indicam que o rio transporta, maioritariamente, sedimentos de granulometria grosseira (areia fina e média), destacando-se a fração de areia fina com porcentagens superiores a 60% da composição.

Nas ST01, ST02 e ST03 observou-se que as frações de areia, silte e argila mantêm percentuais similares (com média de 2% de diferença, para mais ou menos) na composição das amostras nos períodos distintos, enquanto que a última seção (ST04) possui diferenciação, pois a fração de areia fina aumentou mais de 19% na estiagem (de 65,4% para 84,75%) e a areia média dinimuiu mais de 20% (de 32,5% para 12%) (Tabela 03).

Analisando esses dados de sedimentos de fundo nas quatro seções transversais realizadas no canal principal do rio Paraguai (ST01, ST02, ST03 e ST04), é possivel afirmar que o rio de montante para jusante, passa a ter maior homogeneidade granulométrica (areia fina) no período de estiagem, e esse fato pode estar associado a redução da velocidade do fluxo, sendo a ST04 a que apresentou a menor velocidade (0,39 m/s), influindo na reduzida competência de transporte, sendo registrado nessa seção sedimentos de fundo mais selecionados.

Situação similar foi encontrada por Leandro (2015). O autor justifica que o rio Paraguai, no período de esvaziamento, tende a apresentar reduzida competência de transportar sedimentos de textura mais grossa, refletindo nos depósitos de sedimentos identificados nesse período hidrológico. Deste modo, a redução da competência do canal principal nessa última seção está associada ao período hidrológico e à menor velocidade do fluxo.

Condições energéticas diferentes do canal prinicipal foram encontradas nas seções tranversais localizadas na baía Comprida (ST01, ST02 e ST06) e na baía do Malheiros (ST08), onde a concentração de areia fina diminuiu no período de estiagem (ex.: ST08, de 95,51% para 78,2%), e a areia média aumentou consideravelmente (ex.: ST01, de 32% para 56,3%), até mesmo na ST02, onde houve aumento de silte na estiagem (de 0,17% para 9,45%), e ainda assim a fração areia média manteve o predomínio da composição sedimentar (57,45%) (Tabela 06).

Ainda considerando as seções realizadas nas baías, a ST09 foi a que apresentou maior variação granulométrica no período de cheia, com destaque às frações de areia (31,05% de areia grossa; 18,05% de areia média; 49,10% de areia fina), e na estiagem houve aumento de areia fina (79,75%) e inexpressiva presença de areia grossa (0,2%), portanto, maior homogeneidade granulométrica (Tabela 06), podendo estar associado a velocidade do fluxo que influencia na competência de transporte, por isso, na cheia, a maior velocidade (0,40 m/s) possibilita o transporte de sedimentos mais grossos, e, na estiagem, ocorre a redução da competência da baía, refletindo no aumento da fração areia fina.

É importante frisar que esta seção (ST09) foi a que apresentou o maior percentual de areia grossa entre as demais, além de ter sido encontrado partículas maiores derivadas de restos de construções, tendo relação direta à influência da área urbana, bem como às enxuradas decorrente das chuvas que levam sedimentos e outras partículas da área urbana para dentro do rio, passando a compor os sedimentos de fundo, no período de cheia.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A essência desta dissertação foi a caracterização das feições morfológicas e do comportamento da dinâmica fluvial, enfocando o aporte de sedimentos no segmento do corredor fluvial do rio Paraguai, que compreende desde a confluência dos rios Cabaçal e Paraguai até as imediações da Ponte Marechal Rondon, na cidade de Cáceres, Mato Grosso. Por meio dos objetivos específicos levantados a dissertação foi estruturada em capítulos. Cada capítulo reflete os objetivos alcançados, sendo abordado em seu conteúdo os resultados obtidos ao longo da pesquisa.

No corredor fluvial registrou-se a ocorrência de depósitos recentes pertencentes às Aluviões Atuais e a geomorfologia da área corresponde às planícies fluviais do rio Paraguai, onde encontram-se as diversas feições morfológicas tanto positivas (barras de sedimentos, cordões marginais, diques marginais, ilhas) quanto negativas (baías, lagoas, bacias de decantação).

A unidade climática atuante na área de estudo refere-se ao Mesotérmico Subúmido das Depressões e Pantanais, com pluviosidade média anual de 1.300 a 1.400 mm, possuindo dois períodos bem definidos, um chuvoso e o outro de estiagem, este apresenta os menores índices pluviométricos, que reflete na mudança da paisagem do corredor fluvial de um período para o outro.

Durante o início do período chuvoso o rio Paraguai ainda apresenta níveis baixos de água e o aumento do volume da vazão ocorre à medida em que se procede o armazenamento da água por meio das chuvas, assim, o sistema fluvial adentra o período de cheia somente após dois ou três meses do início das chuvas, que é quando acontece as inundações que transbordam água e sedimentos para a planície, alimentando as feições morfológicas, e, no período de estiagem, ocorre o processo de deposição de sedimentos no rio e em sua planície, incrementando o desenvolvimento de feições positivas ou deposicionais.

A ocorrência de solos na área de estudo foram: Neossolo Flúvico Tb Eutrófico, Neossolo Flúvico Tb Endoeutrófico, Gleissolo Háplico Tb Eutrófico e Plintossolo Háplico Eutrófico Típico. A vegetação presente no corredor fluvial exerce proteção ao solo e das margens contra os processos erosivos, e colabora também para o processo de estabilização de barras de sedimentos.

Os principais tipos de uso identificados no âmbito do corredor fluvial que refletem a atual configuração da paisagem e da produção do espaço são: urbanização, navegação, atividade de pesca e de lazer, acampamentos de pescadores e pecuária. Ambos tipos de uso podem influir na dinâmica fluvial e nas feições morfológicas.

O rio Paraguai no trecho estudado possui características de canal de padrão meandrante, mas também apresenta características que se enquadram em outros padrões de canais, como carga de fundo acima de 11% do total transportado, próprio de um canal mais energético, e baixa velocidade do fluxo, coincidindo com canais de baixa energia.

O mapeamento de detalhe das feições morfológicas forneceu informações relevantes sobre a dinâmica fluvial da unidade de estudo. A identificação e caracterização das feições morfológicas permitiu quantificar os diversos tipos de feições, destacando-se o maior número de lagoas enquanto feições negativas e as barras de sedimentos enquanto feições positivas. Vale ressaltar que a as feições encontram-se mais concentradas na planície de inundação leste, e esse fato pode se justificar pela migração do rio Paraguai para o sentido oeste, pois durante o processo de migração as feições foram imprimidas na planície e hoje fazem parte do sistema fluvial.

A planície de inundação leste possui ilhas de grande dimensão, circundadas pelo conjunto de baías nesta planície, cujo processo de formação de deu pelo processo de avulsão, e no interior dessas unidades registram-se as características de planície de inundação, com presença de feições morfológicas (lagoas, bacias de decantação, etc.). Nessa mesma planície existem dois meandros abandonados, ambos em forma de ferradura, que remetem à migração tendencial do rio Paraguai para o oeste, o que pode estar relacionado à própria dinâmica divagante que rios meandrantes apresentam, à influência neotectônica e às mudanças climáticas ocorridas no passado.

A intensa deposição de sedimentos verificada no conjunto de baías é uma evidência de que o sistema fluvial está em busca de equilíbrio, se ajustando as condições impostas.

A existência das inúmeras feições morfológicas no corredor fluvial está relacionada também à própria dinâmica fluvial e os demais fatores ambientais, podendo citar a natureza geológica composta pelas Aluviões Atuais, a baixa declividade da planície, o tipo de solos e o selamento superficial (influindo na infiltração da água na planície, o que favorece na retenção e acúmulo de água), o baixo gradiente do canal principal, a alternância do regime

pluvial anual e o lençol freático subaflorante que alimenta lagoas e baías no período de estiagem.

As duas atividades de campo realizadas para verificação da batimetria e coleta de amostras de sedimentos de fundo suspensão nas quatro seções transversais localizadas ao longo do rio Paraguai e nas nove seções definidas nas baías foi extremamente crucial para gerar os dados e informações que esta dissertação possui em seu conteúdo.

Vale ressaltar os desafios e dificuldades enfrentadas antes, durante e após as expedições de campo, desde o processo de reunir os inúmeros equipamentos e materiais para as diferentes coletas e transporta-los até o rio Paraguai até as etapas iniciais de laboratório que começa assim que a atividade de campo termina. Sem a formação de uma equipe e a disposição dos mesmos em ajudar esta etapa não teria tido sucesso. O campo realizado no período de estiagem foi o mais crítico e dificultoso, pois houve momentos em que a embarcação teve que ser empurrada manualmente nos trechos não navegáveis a fim de alcançar os pontos para coleta.

Como etapa posterior às atividades de campo, a análise das variáveis hidrodinâmicas e dos sedimentos transportados em suspensão feitas em laboratório apontou que os resultados obtidos refletem as condições dos períodos de cheia e estiagem do sistema fluvial do rio Paraguai.

O rio Paraguai no período de cheia transborda água e sedimentos para a planície de inundação alimentando as feições morfológicas, e no período de estiagem, com a diminuição do fluxo e da energia, o rio opera principalmente com os processos deposicionais no leito e em sua planície. Foi possível perceber nitidamente que os parâmetros hidrodinâmicos, sólidos suspensos, descarga sólida e turbidez foram maiores no período de cheia e menores no período de estiagem.

A ST04 (realizada no rio Paraguai), por situar-se a jusante da foz da baía do Malheiros, que contribui com volume de água e sedimentos advindos do conjunto de baías presentes na planície de inundação leste, foi a que registrou os valores mais elevados em termos de área da seção, vazão e descarga sólida em suspensão no período de cheia, enquanto que a seção transversal 08 no período de estiagem foi a que constou os menores valores entre todas as outras seções.

Referente ao aporte de sedimentos foi constatado que a qualidade (granulometria) e a quantidade (%) dos sedimentos encontrados nas seções transversais mostraram a

predominância de areia fina (superior a 60% na maioria das seções) e areia média (acima de 20% na maioria das seções), um reflexo do material de origem do corredor fluvial (aluviões atuais) e das áreas de cabeceira da bacia do Alto Paraguai, a montante da área de estudo, dos tipos de solos, do uso da bacia e dos processos fluviais em consonância com a energia do canal que corroboram para a evolução das feições deposicionais (barras laterais, centrais, submersas, cordões marginais e diques) que se tornam mais evidentes no período de estiagem.

Dado o exposto, o corredor fluvial se enquadra como um sistema aberto, pois recebe e libera energia por intermédio da água e sedimentos que entram e saem do sistema, realizando inúmeros trabalhos (erosão, transporte e deposição) que dinamizam a paisagem por meio da relação rio-planície.

Espera-se que os resultados obtidos nesta pesquisa possam servir como referência para a realização de pesquisas futuras sobre a temática deste estudo, e espera-se também que sejam úteis para auxiliar no planejamento do uso ao longo do corredor fluvial, a fim de minimizar os processos erosivos e o assoreamento dos canais, mantendo a paisagem do Patrimônio Mundial que é o Pantanal de Mato Grosso.

Partindo do pressuposto de que o sistema fluvial do rio Paraguai é extremamente importante em termos ambientais e sociais, recomenda-se que estudos mais aprofundados sejam realizados nesta mesma área de estudo, podendo citar: pesquisas voltadas para análises de fáceis a fim de conhecer a história do sistema fluvial por meio dos depósitos de sedimentos; monitoramento constante de erosão e de deposição de sedimentos, visto que a erosão ameaça a perda de terras urbanas e próximas à estradas, e o assoreamento e a deposição de sedimentos que implicam na navegação; no quesito de qualidade da água, visto que o rio Paraguai é fonte de abastecimento de água para a cidade de Cáceres, ambiente de lazer e de vida para as pessoas que dependem do pescado, bem como receptor de efluentes *in natura* da área urbana; quanto à viabilidade para a navegação voltada ao comércio, considerando os aspectos sedimentares e fisiográficos da calha do rio Paraguai sem impactar o ambiente; estudos cartográficos objetivando especializar os elementos ambientais, a dinâmica espacial e as mudanças na paisagem fluvial..

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A. N. Potencialidades Paisagísticas Brasileiras. *In:* AB'SABER, A. N. *Os domínios de natureza no Brasil*: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. p. 09–26.

ADAMOLI, J. Zoneamento ecológico do Pantanal baseado no regime de inundações. *In:* ENCONTRO SOBRE SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO A ESTUDOS NO PANTANAL, 1995, Corumbá. *Anais eletrônicos* […]. São José dos Campos: Inpe, 2005. Disponível em: http://mtc-m16.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-16@80/2006/05.17.11.42/doc/index.htm. Acesso em: 20 out. 2018.

ANDRADE, L. N. P. S.; LEANDRO, G. R. S.; SOUZA, C. A. Geoformas deposicionais e sedimentos de fundo na foz da baía Salobra confluência com o rio Paraguai Pantanal de Cáceres - Mato Grosso. *Revista Brasileira de Geografia Física,* v. 06, n. 02, p. 253-270, 2013.

ANJOS, L. H. C. *et al.* Caracterização e classificação de Plintossolos no município de Pinheiro-MA. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 31, n. 5, p. 1035-1044, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v31n5/a20v31n5.pdf. Acesso em: 20 mar. 2019.

ASSINE, M. L. *Sedimentação na bacia do Pantanal Mato-grossense, Centro-Oeste do Brasil*. 2003. Tese (Livre Docência) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, São Paulo, 2003.

BERNARDES, J. A.; FERREIRA, F. P. M. Sociedade e Natureza. *In*: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (org.). *A questão ambiental*: diferentes abordagens. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

BERTALANFFY, L. *General System Theory*. Foundations, Development, Applications. New York: George Braziller, 1968.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Fatores que Influem na Erosão. *In:* BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do Solo.* São Paulo: Ícone, 2008. p. 45-61.

BERTRAND, G. Paysage et géographie physique globale: Esquisse méthodologique**.** *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, Toulouse, v. 39, n. 3, p. 249-272,1968. Disponível em: https://www.persee.fr/doc/rgpso_00353221_1968_num_39_3_4553. Acesso em: 24 maio 2018.

BORDAS, M. P.; SEMMELMANN, F. R. Elementos de engenharia de sedimentos. *In:* TUCCI, C. E. M. (org.). *Hidrologia:* ciência e aplicação. 2. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2001. p. 915-943.

BRASIL, Ministério da Sáude/Secretaria de Vigilância em Saúde. *Inspeção Sanitária em Abastecimento de Água*. Brasília, DF, 2007.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa [...] e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 26 jun. 2018.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria-Geral. Projeto RADAMBRASIL. *Levantamento de recursos naturais.* Folha SD.21 – Cuiabá; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1982.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria-Geral. Projeto RADAMBRASIL. *Levantamento de recursos naturais.* Folha SE.21 – Corumbá e parte da Folha SE.20; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1982a.

BRIERLEY, G.; FRYIRS, K. *Geomorphology and river management:* applications of the river styles framework. Garsington Road, Oxford, UK: Blackwell Publishing, 2005.

BÜHLER, B. F. *et al.* Aporte de sedimentos do rio Paraguai entre o perímetro urbano de Cáceres, MT, e o barranco do touro. *Cadernos de Geociências*, IGEO/UFBA, v. 12, n. 1-2, p. 34–41, 2015. Disponível em: https://portalseer.ufba.br/index.php/cadgeoc/article/view/13128. Acesso em: 22 jun. 2018.

BÜHLER, B. F.; SOUZA, C. A.; OLIVEIRA JUNIOR, E. S. Qualidade da água do rio Paraguai no perímetro urbano em Cáceres – MT, Brasil. *Revista GeoPantanal*, Corumbá, MS, v. 8, n. 14, p. 67-89, 2013. Disponível em: http://seer.ufms.br/index.php/revgeo/article/view/106/0. Acesso em: 24 set. 2018.

CALHEIROS, D. F.; CASTRILON, S. K. I.; BAMPI, A. C. Hidrelétricas nos rios formadores do pantanal: ameaças à conservação e às relações socioambientais e econômicas pantaneiras tradicionais. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v. 9, n. 1, p. 119-139, 2018.

CAMARGO, L. (org.). *Atlas de Mato Grosso:* Abordagem socioeconômica-ecológica. Cuiabá: Entrelinhas, 2011.

CÂNDIDO, A. J. Contribuição ao estudo dos meandramentos fluviais. *Notícia Geomorfológica,* Campinas, SP, v, 11, p. 21–38, 1971.

CARVALHO, J. M. *et al.* Susceptibilidade e potencial atual à erosão hídrica dos solos na bacia hidrográfica do rio Cabaçal, Mato Grosso, Brasil. *Revista Brasileira de Cartografia,* Rio de Janeiro, RJ, n. 69, p. 1655-1667, 2017. Disponível em: http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44083/23308. Acesso em: 09 jun. 2019.

CARVALHO, N. O. *et al. Guia de práticas sedimentométricas.* Brasília: ANEEL, 2000.

CARVALHO, N. O. *Hidrossedimentologia Prática.* 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.

CASTRILLON, S. K. I. *et al.* Avaliação da diversidade arbórea das ilhas do rio Paraguai na região de Cáceres, Pantanal Mato-Grossense, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, Belo Horizonte, MG, v. 25, n. 3, p. 672-684, 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-33062011000300021&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 15 jan. 2019.

CHARLTON, R. *Fundamentals of fluvial geomorphology.* London and New York: Routledge: Taylor & Francis Group, 2008.
CHORLEY, R. J. Geomorphology and General Systems Theory. *Geological Survey Professional Paper 500-B*, Washington, p. 1–10, 1962. Disponível em: https://pubs.usgs.gov/pp/0500b/report.pdf. Acesso em: 12 dez. 2018.

CHRISTOFOLETTI, A. As teorias geomorfológicas. *Notícia Geomorfológica,* Campinas, v. 13, p. 3-42, 1973.

CHRISTOFOLETTI, A. Caracterização do sistema ambiental. *In:* CHRISTOFOLETTI, A. *Modelagem de sistemas ambientais*. São Paulo: Edgard Blucher, 1999. p. 35–50.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia Fluvial. *In:* CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia.* 2. ed. São Paulo: Blucher, 1980. p. 65-98.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia fluvial*. São Paulo: Edgard Blucher, 1981.

CLARKE, R. T.; TUCCI, C. E. M.; COLLISCHONN, W. Variabilidade Temporal no Regime Hidrológico da Bacia do Rio Paraguai. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, RS, v. 8, n.1, p. 201–211, 2003. Disponível em: http://rhama.com.br/blog/wp-content/uploads/2017/04/variabiidade03.pdf. Acesso em: 23 jan. 2019.

COELHO NETTO, A. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. *In:* GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org.). *Geomorfologia:* uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013, p. 93-148.

CORRÊA, R. L. Espaço: um conceito-chave da Geografia. *In:* CASTRO, I. E.; GOMES, P. C. C.; CORRÊA, R. L. (org.). *Geografia:* conceitos e temas. 13. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. p. 15-48.

COSTA, F. R.; ROCHA, M. M. Geografia: conceitos e paradigmas – apontamentos preliminares. *Revista GEOMAE*, Campo Mourão, PR, v. 01, n. 02, p. 25-56, 2010. Disponível em: http://www.nemo.uem.br/artigos/Geografia_conceitos_e_paradigmas_fabio_costa_marcio_rocha.pdf. Acesso em: 08 maio 2018.

CRUZ, J. S. *Ordenamento territorial urbano e suas implicações nos cais de drenagem em Cáceres - Mato Grosso.* 2013. Mestrado (Ciências Ambientais) – Universidade do Estado de Mato Grosso, Cáceres, Mato Grosso, 2013.

CUNHA, S. B. Canais Fluviais e a questão ambiental. *In:* CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. (org.). *A questão ambiental:* diferentes abordagens. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. p. 219-238.

CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. *In:* CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (org.). *Geomorfologia:* exercícios, técnicas e aplicações. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009, p. 157-190.

CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. *In:* GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org.). *Geomorfologia:* uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013, p. 211-246.

CUNHA, S. B. Sustentabilidade dos canais urbanos nas áreas tropicais. *In:* PINHEIRO, D. R. C. (org.). *Desenvolvimento sustentável:* desafios e discussões. Fortaleza: ABC Editora, 2006, p. 19–33.

DAN, V. L. C. *O acesso à cidade:* questões sócio-econômicas da cidade de Cáceres com enfoque na Praça da Feira. 2010. Dissertação (Mestrado em História) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, Paraná, 2010.

EMBRAPA. *Manual de Métodos de Análises de Solo*. Rio de Janeiro: Embrapa Solo, 2017.

FALCÃO, C. L. C.; FALCÃO SOBRINHO, J. A obra de Goethe e o viajante naturalista Humboldt: à prática científica do trabalho de campo. *Ciência e Natura,* Santa Maria, RS, v. 38, n. 3, p. 1238–1245, 2016. Disponível em: https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/20062. Acesso em: 02 jun. 2018.

FELFILI, J. M.; CARVALHO, F. A.; HAIDAR, R. F. *Manual para o monitoramento de parcelas permanentes nos biomas cerrado e pantanal***.** Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, 2005.

FERNANDEZ, O. V. Q. Mudanças Topográficas e Sedimentológicas em uma Unidade Soleira-Depressão no Córrego Guavirá, Marechal Cândido Rondon, Paraná. *Pesquisas em Geociências*, Porto Alegre, RS, v. 30, n. 01, p. 53-63, 2003.

FERNANDEZ, O. V. Q.; SANTOS, M. L. dos; STEVAUX, J. C. Evolução e características faciológicas de um conjunto de ilhas no rio Paraná, região de Porto Rico (PR). *Boletim de Geografia*, Maringá, PR, ano 11, n. 01, p. 05–15, 1993. Acesso em: http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/12173/7350. Acesso em: 03 mar. 2019.

FERREIRA, W. T. S.; SILVA, A. Mudanças morfológicas do rio Paraguai no trecho compreendido entre a foz do rio Cabaçal e a foz rio Jauru. *In:* SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 4., 2012, Bonito – MS. *Anais* [...]. Bonito - MS, 2012. Disponível em: https://www.geopantanal.cnptia.embrapa.br/2012/cd/p104.pdf. Acesso em: 02 jan. 2019.

FRANÇA, A. M. S. *Aplicação de sensoriamento remoto no estudo da influência da dinâmica sazonal do Rio Amazonas sobre a morfologia dos sistemas lacustres.* 2005. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Ministério da Ciência e Tecnologia, São José dos Campos, São Paulo: INPE, 2005.

FRANCO, A. L. A. *Análise da dinâmica de fluxo e morfologia na confluência dos rios Ivaí e Paraná, PR/MS.* 2007. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – Universidade de Guarulhos, Guarulhos, São Paulo, 2007.

GARRIDO, J. W. A. *et al.* Determininação das curvas-chave de descargas de sedimentos em suspensão na bacia hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu. *Engenharia Sanitária Ambiental*, v. 23, n. 1, p. 9-75, 2018.

GREGORY, K. *A natureza da Geografia Física*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1992.

GREGORY, S. *et al.* An ecosystem perspective of riparian zones. *BioScience*, v. 41, p. 540-551, 1991. Disponível em: http://oregonstate.edu/instruction/fw580/pdf/1.%20Riparian%20Zones.pdf. Acesso em: 05 jun. 2018.

GRIZIO, E. V.; SOUZA FILHO, E. E. de. As modificações do regime de descarga do rio Paraguai Superior. *Revista Brasileira de Geomorfologia,* Brasília, DF, v. 11, n. 2, p. 25–33, 2010. Disponível em: http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/149. Acesso em: 21 maio 2019.

GRIZIO-ORITA, E. V.; QUEIROZ, D. R. E. Tratamento gráfico de informação para vazão e precipitação utilizando a técnica de fichário-imagem. *Boletim Paranaense de Geociências,* Curitiba, PR, v. 68–69, p. 36-42, 2013. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/geociencias/article/view/27524. Acesso em: 03 fev. 2019.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. *Novo dicionário geológico-geomorfológico.* Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015.

HAAK, l.; OLIVEIRA, F. A. Caracterização granulométrica de sedimentos de fundo na bacia hidrográfica do rio Cubatão do Norte, SC. *In:* SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 9., 2012, Rio de Janeiro. *Anais* [...]. Rio de Janeiro-RJ, 2012. Disponível em: http://www.sinageo.org.br/2012/trabalhos/2/2-214-272.html. Acesso em: 12 abr. 2019.

HERRERO, A. D. *Geomorfología e Hidrología Fluvial del río Alberche.* Modelos y S.I.G. para la gestión de riberas. 2001. Tese (Doutorado em Ciências Geológicas) - Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 2001.

HOFFMANN, T. C. P. *Influência do uso da terra na produção de sedimentos em suspensão na porção superior da bacia hidrográfica do rio Capivari, Lapa/PR*. 2017. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

IBGE. *Manuais técnicos em Geociências:* manual técnico da vegetação. n. 1, 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

JUNK, W.; BAYLEY, P.; SPARKS, R. The Flood Pulse Concept in River-Floodplain Systems. *In:* DODGE, D. (org.). *Proceedings of the International Large River Symposium (LARS).* Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, 1989. p. 110-127.

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

KENNEDY, B. Physical systems: environmental systems and cycles. *In:* HOLLOWAY, S.; RICE, S.; VALENTINE, G. (org.). *Key concepts in Geography.* Sage Publications, London, 2003. p. 267-280.

KNIGHTON, D. *Fluvial Forms and Processes:* a new perspective. London: Hodder Arnold, 1998.

KOHLHEPP, G. Scientific findings of Alexander von Humboldt's expedition into the Spanish-American Tropics (1799-1804) from a geographical point of view. *Academia Brasileira de Ciências,* Rio de Janeiro, RJ, v. 77, n. 2, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-37652005000200010. Acesso em: 24 maio 2018.

LAPORTE, L. F. Sedimentos e Ambientes. *In*: LAPORTE, L. F. *Ambientes antigos de sedimentação*. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1975, p. 21–44.

LAWLER, D. M. The measurement of river bank erosion and lateral channel change: a review. *Earth Surface Processes and Landforms*, v. 18, p. 777-821, 1993.

LEANDRO, G. R. S. *Dinâmica Ambiental e Hidrossedimentológica no rio Paraguai entre a volta do Angical e a cidade de Cáceres – MT.* 2015. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro, 2015.

LEANDRO, G. R. S.; SOUZA, C. A. Pantanal de Cáceres: composição granulométrica dos sedimentos de fundo no rio Paraguai entre a foz do rio Cabaçal e a cidade de Cáceres, Mato Grosso, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, Taubaté, SP, v. 7, n. 2, p. 263–276, 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v7n2/v7n2a20.pdf. Acesso em: 02 jun. 2019.

LEANDRO, G. R. S.; SOUZA, C. A.; NASCIMENTO, F. R. Processo de deposição fluvial na baía Comprida, rio Paraguai, município de Cáceres – Mato Grosso, Brasil. *Revista Ra'e Ga,* Curitiba-PR, v.31, p. 296-316, 2014.

LEEDER, M. R.; ALEXANDER, J. The origin and tectonic significance of asymmetrical meander-belts. *Sedimentology*, v. 34, p. 217-226, 1987.

LEFEBVRE, H. *A produção do espaço*. Tradução Doralice Barros Pereira e Sérgio Martins. Primeira versão, 2006. Tradução de: La production de l'espace. 4. ed. Paris: Éditions Anthropos, 2000.

LEINZ, V.; AMARAL, S. E. do. Águas continentais de superfície. *In*: LEINZ, V.; AMARAL, S. E. do. *Geologia geral*. 14. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2003, p. 95–122.

LELI, I. T. *Gênese, evolução e geomorfologia das ilhas e planície de inundação do Alto Rio Paraná, Brasil*. 2015. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2015.

LEOPOLD, L. B.; DAVIS, K. S. Esculpindo o planeta. *In:* LEOPOLD, L. B.; DAVIS, K. S. *Água*. Tradução Stella Alves de Sousa. Rio de Janeiro: Livraria José Olympio Editora S.A.,1980, p. 74–101.

LEOPOLD, L. B.; WOLMAN, M. G. River Channel Patterns: Braided, Meandering and Straight. *Geological Survey Professional Paper,* Washington, n. 282, 1957.

LEWIN, J. Initiation of bed forms and meanders in coarse-grained sediment. *Geological Society of America Bulletin,* v. 87, p. 281-285, 1976.

LIMA, C. S. *Uso e ocupação da terra, alterações morfológicas e hidrodinâmica no baixo curso do rio Cabaçal – Mato Grosso*. 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade do Estado de Mato Grosso, Cáceres, Mato Grosso.

LINDNER, E. A.; SILVEIRA, N. F. Q. A legislação ambiental e as áreas ripárias. *In:* SEMINÁRIO DE HIDROLOGIA FLORESTAL, 1., 2003, Alfredo Wagner-SC. *Anais* [...]. Alfredo Wagner-SC, 2003. Disponível em: http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/ZONAS%20RIPARIAS%20(leis)2003.pdf. Acesso em: 26 jun. 2018.

MACEDO, H. A. *Geomorfologia e hidrossedimentologia da planície do rio Paraguai, da lagoa Vermelha à confluência do rio Miranda, Pantanal Mato-grossense*. 2013. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, SP, 2013.

MACHADO, P. J. O.; TORRES, F. T. P. *Introdução à hidrogeografia.* São Paulo: Cengage Learning, 2012.

MANSIKKANIEMI, H. The sinuosity of rivers in northern Finland. *Publicationes Instituti Geographici Universitatis Turkuensis*, v. 52, p. 16-32, 1970.

MARCONI, M. de A; LAKATOS, E. M. *Metodologia do trabalho científico:* procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos. 7. ed. São Paulo: Atlas: 2011.

MARQUES, J. S. Ciência Geomorfológica. *In*: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org.). *Geomorfologia:* uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013, p. 23-50.

MELLO, Y. R. *et al.* Análise da evolução do trecho de planície do rio Três Barras (SC) a partir do mapeamento de feições fluviais. *Caminhos de Geografia,* Uberlândia, MG, v. 19, n. 66, p. 19–34, 2018.

MENDES, N. F. *História de Cáceres:* história da administração municipal. 2. ed. Cáceres – MT: Editora UNEMAT, 2009.

MENDONÇA, F. A. Discutindo a Geografia. *In:* MENDONÇA, F. de A. *Geografia Física:* ciência humana?. São Paulo: Contexto, 1997. p. 11–26.

MENDONÇA, F. A. Geografia socioambiental*. Terra Livre*, São Paulo, n. 16, p. 139-158, 2001.

MONTEIRO, C. A. F. *Geossistemas:* a história de uma procura. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2001.

MORAIS, E. S.; ROCHA, P. C. Formas e processos fluviais associados ao padrão de canal meandrante: o baixo rio do Peixe, SP. Revista Brasileira de Geomorfologia, São Paulo, v.17, n.3, p. 431-449, 2016. Disponível em: http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/813. Acesso em: 14 abr. 2019.

NUNES, J. O. R. *et al.* A influências dos métodos científicos na Geografia Física. *Terra Livre*, v. 2, n. 27, p. 119-130, 2006.

OLIVEIRA, M. D.; RODRIGUES, L. Impacto do sedimento sobre o desenvolvimento do prifíton no Rio Taquari, Pantanal, MS. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, Corumbá, MS: Embrapa Pantanal, 2002.

PASSOS, M. M. Unidades básica e dinâmica atual da paisagem no pontal do Paranapanema. *Revista Geografia,* São Paulo, p. 51–73, 1991.

PEREIRA, G.; SALINAS CHÁVEZ, E.; SILVA, M. E. S. O estudo das unidades de paisagem do bioma Pantanal. *Revista Ambiente & Água,* Taubaté, SP, v. 7, n. 1, p. 89-103, 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1980-993X2012000100008&script=sci_abstract&tlng=es. Acesso em: 10 fev. 2019.

PERIOTTO, F.; CIELO FILHO. R. A Mata Ciliar: Conceituação, Considerações sobre Conservação, Ecologia e Recuperação. *In*: POLETO, C. (org.). *Bacias Hidrográficas e Recursos hídricos*. 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2014. p. 73-87.

POPP, J. H. Rios: Processos Fluviais e Aluviais. *In:* POPP, J. H. *Geologia Geral.* Rio de Janeiro: LTC, 2016. p. 161-182.

PRADO, A. L.; HECKMAN, C. W.; MARTINS, F. R. The seasonal succession of biotic communities in wetlands of the tropical wet-and-dry climatic zone: II. The aquatic macrophyte vegetation in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil. *Internatertionale Revue gesamten Hydrobiologie*, v. 79, n. 4, p, 569-589, 1994.

PRICHOA, C. E.; HOLGADO MOLINA, P.; RIBEIRO, S. R. A. Metodologia para identificação e caracterização de paisagens fluviais do Brasil mediante critérios europeus. *Atlas das Jornadas Lusófonas de Ciências e Tecnologias de Informação Geográfica,* Coimbra, Portugal, p. 151-168, 2015. Disponível em: https://digitalis-dsp.uc.pt/bitstream/10316.2/37060/1/Cap%C3%ADtulo7.%20Metodologia%20para%20identifica%C3%A7%C3%A3o%20e%20caracteriza%C3%A7%C3%A3o%20de%20paisagens.pdf. Acesso em: 18 jun. 2018.

RAMÍREZ VELÁZQUEZ, B. R.; LEVI, L. L. *Espacio, paisaje, región, territorio y lugar:* la diversidad en el pensamiento contemporâneo. México: UNAM, Instituto de Geografía: UAM, Xochimilco, 2015.

RIBEIRO, J. C.; TOCANTINS, N.; FIGUEIREDO, M. Diagnóstico dos processos erosivos na sub-bacia do córrego Guanabara, município de Reserva do Cabaçal, Pantanal, MT. *Revista GeoPantanal*, Corumbá, MS, v. 8, n. 14, p. 152-169, 2013. Disponível em: seer.ufms.br/index.php/revgeo/article/view/108. Acesso em: 08 jun. 2019.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. *In:* SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (org.). *Cerrado*: ambiente e flora. EMBRAPA-Cerrados*,* Planaltina, p. 89-166, 1998.

ROCHA, P. C.; SOUZA FILHO, E. Interações dinâmicas entre os materiais do leito de um canal secundário com o canal principal no trecho multicanal do Alto Rio Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, Brasília, DF, ano 6, n. 1, p. 19-32, 2005.

RODRIGUES, C.; ADAMI, S. F. Técnicas de hidrografia. *In:* VENTURI, L. A. B. (org.). *Geografia:* práticas de campo, laboratório e sala de aula. São Paulo: Editora Sarandi, 2011.

ROSESTOLATO FILHO, A. *Geomorfologia aplicada ao saneamento básico na cidade de Cáceres, Mato Grosso*. 2006. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

ROSS, J. L. S. O Contexto Geotectônico e a Morfogênese da Província Serrana de Mato Grosso. *Revista do Instituto Geológico*, São Paulo, SP, v. 12, n. 1/2, p. 21-37, 1991.

SANTANA, M. F. *Alterações nos Canais Urbanos da Bacia Hidrográfica do Córrego Sangradouro, no município de Cáceres - Mato Grosso.* 2017. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade do Estado de Mato Grosso, Cáceres, 2017.

SANTOS, F. A. *et al.* Atributos químicos e físicos de solos das margens do Rio Paraguai. *Revista Ambiente & Água*, Taubaté, SP, v. 8, n. 1, p. 239-249, 2013. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v8n1/17.pdf. Acesso em: 20 mar. 2019.

SANTOS, F. L. A. *Bases Geográficas ao Zoneamento Ecológico-Econômico do Planalto da Ibiapaba:* Municípios de Tianguá e Ubajara - Noroeste do Ceará. 2015. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2015.

SANTOS, L.; ZAMPARONI, C. A. G. P.; SOARES. J. C. O. *Análise rítmica e fenomenologia*: pluviosidade, impactos naturais, percepção humana e as inundações em Cáceres/MT – 1971 a 2010. Curitiba: CRV, 2017.

SANTOS, M. O espaço: sistemas de objetos, sistemas de ação. *In:* SANTOS, M. *A Natureza do Espaço:* Técnica e Tempo, Razão e Emoção. 4. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006. p. 38–56.

SANTOS, M. Q. *Morfodinâmica na confluência dos rios Solimões-Amazonas e rio Negro e a organização sócioespacial na costa do Rebojão e costa da Terra Nova no período de 1952 a 2016*. 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2018.

SANTOS, V. C. *Ambientes de confluência no contexto da rede de drenagem:* exemplo da bacia hidrográfica do rio Ivaí - Estado do Paraná. 2015. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2015.

SANTOS, V. C.; STEVAUX, J. C. Processos fluviais e morfologia em confluências de canais: uma revisão. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, Brasília, DF, v. 18, n. 1, p. 3–17, 2017.

SCHUMM, S. A. Geomorphic thresholds and complex response of drainage systems. *In:* MORISAWA, M. (org.). *Fluvial geomorphology.* London, 1973. p. 299-310.

SCHUMM, S. A. Patterns of aluvial rivers. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, n. 13, p. 5–27, 1985.

SIGAUD, C. G.; MACEDO, M.; NUNES, J. R. da S. A importância do sarã (*Sapium obovatum Klotzsch ex Mull. Arg.*) no rio Piraim, Pantanal de Barão de Melgaço – MT. *UNICiências,* Cuiabá-MT, v. 11, p. 65–80, 2007. Disponível em: http://revista.pgsskroton.com.br/index.php/uniciencias/article/view/1026/1009. Acesso em: 23 mar. 2019.

SILVA, A. *et al.* Avaliação da erosão na margem direita do rio Paraguai a jusante da praia do Julião município de Cáceres-MT. *Revista Geográfica Acadêmica*, Boa Vista, RR, v. 1, n. 1, p. 5–19, 2007b. Disponível em: https://revista.ufrr.br/rga/article/view/2963. Acesso em: 25 maio 2019.

SILVA, A. *et al.* Compartimentação geomorfológica do rio Paraguai na borda norte do Pantanal Mato-Grossense, região de Cáceres – MT. *Revista Brasileira de Cartografia,* Uberlândia, MG, n. 73, p. 73–81, 2007a. Disponível em: http://www.lsie.unb.br/rbc/index.php/rbc/article/view/298/287. Acesso em: 02 nov. 2018.

SILVA, A.; NEVES, S. M. S.; NEVES, R. J. Sensoriamento Remoto Aplicado ao Estudo da Erosão Marginal do rio Paraguai: Bairro São Miguel em Cáceres/MT-Brasil. *Revista Geografia Acadêmica*, Boa Vista, RR, v. 2, n. 3, p. 19-27, 2008b. Disponível em: http://132.248.9.34/hevila/Revistageograficaacademica/2008/vol2/no3/2.pdf. Acesso em: 24 ago. 2019.

SILVA, A.; SOUZA FILHO, E. E. de; CUNHA, S. B. Padrões de canal do rio Paraguai na região de Cáceres (MT). *Revista Brasileira de Geociências,* Curitiba, PR, n. 38, p. 167-177, 2008a. Disponível em: http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/7575/7002. Acesso em: 02 nov. 2018.

SILVA, E. S. F. *et al.* Evolução das Feições Morfológicas do Rio Paraguai no Pantanal de Cáceres - Mato Grosso. *Revista Brasileira de Geomorfologia,* Brasília, DF, v. 13, n. 4, p. 435-442, 2012. Disponível em: http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/299. Acesso em: 26 jun. 2018.

SILVA, F. C. *et al.* Rio Paraguai no pantanal de Cáceres – Mato Grosso: feições morfológicas e deposição de sedimentos. *Revista Mato-Grossense de Geografia*, Cuiabá, MT, n. 16, p. 39–60, 2013. Disponível em: http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geografia/article/view/692/1044. Acesso em: 27 jun. 2019.

SILVA, J. L. A. da. *Alterações morfológicas entre a Baía da Palha e o Sadao no corredor fluvial do rio Paraguai, na área de expansão urbana em Cáceres – Mato Grosso.* 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade do Estado de Mato Grosso, Cáceres, 2018.

SILVEIRA, R. W. D. da. *Filosofia, arte e ciência:* a paisagem na Geografia de Alexander Von Humboldt. 2012. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências**,** Campinas, 2012.

SNYTKO, V.; SEMENOV, Y. *The study of geosystem structure, development and functioning in Siberia.* Commission of Cultural Landscape of Polish Geographical Society - Dissertations Commission of Cultural Landscape, n. 9, Sosnowiec, 2008. p. 141-150.

SOCHAVA, V. B. El Objeto de La Geografía Física a La Luz de La Teoría Sobre Los Geosistemas. *GEOgraphia,* Rio de Janeiro, ano 17, n. 33, 2015. Disponível em: www.geographia.uff.br/index.php/geographia/article/view/765/519. Acesso em: 30 maio 2018.

SOUSA, J. B. *et al.* Atributos morfológicos, físicos e químicos de solos e processos erosivos nas margens do rio Paraguai, Pantanal Superior, Mato Grosso, Brasil. *Boletim de Geografia*, Maringá, PR, v. 33, n. 1, p. 109 - 122, 2015. Disponível em: <http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/22580/pdf_49>. Acesso em: 23 out. 2018.

SOUSA, J. B. *et al.* Descrição morfológica e atributos do solo nas margens do rio Paraguai, Cáceres, Mato Grosso, Brasil. *Ciência Geográfica*, Bauru, SP, v. 21, p. 74–86, 2017. Disponível em: http://www.agbbauru.org.br/publicacoes/revista/anoXXI_1/agb_xxi_1_versao_internet/Revista_AGB_JanDez2017-06.pdf. Acesso em: 23 out. 2018.

SOUZA FILHO, E. E. As barragens na bacia do rio Paraguai e a possível influência sobre a descarga fluvial e o transporte de sedimentos. *Boletim de Geografia*, Maringá, PR, v. 31, n. 1, p. 117–133, 2013. Disponível em: http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/13638. Acesso em: 01 abr. 2019.

SOUZA, C. A. *Dinâmica do Corredor Fluvial do Rio Paraguai entre a Cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã-MT*. 2004. Tese (Doutorado em Geografa) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

SOUZA, C. A. *et al.* Bacia Hidrográfica do Rio Jauru e Seus Afluentes. *In:* SOUZA, C. A. de; SOUZA, J. B. de; ANDRADE, L. N. P. S. (org.). *Bacia Hidrográfica do Rio Jauru – Mato Grosso:* Dinâmica espacial e impactos associados. São Carlos: RiMa Editora, 2012. p. 01-28.

SOUZA, C. A. *et al.* Informações preliminares sobre transporte de sedimentos no rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a estação ecológica da ilha de Taiamã, Pantanal Superior, Mato Grosso, Brasil. *Recursos Hídricos*, Lisboa, Portugal, v. 36, n. 2, p. 47-55, 2015. Disponível em: http://www.aprh.pt/rh/pdf/rh36_n2-4.pdf. Acesso em: 23 out. 2018.

SOUZA, C. A. *et al.* Sedimentação no rio Paraguai e no baixo curso dos tributários Sepotuba, Cabaçal e Jauru, Mato Grosso, Brasil. *In:* ENCUENTRO DE GEÓGRAFOS DE AMÉRICA LATINA, 14., 2013, Lima – Peru. *Anais* [...]. Lima – Peru, 2013. Disponível em: http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal14/Procesosambientales/Hidrologia/02.pdf. Acesso em: 12 fev. 2019.

SOUZA, C. A.; CUNHA, S. B. Evolução das margens do rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã. *In:* SOUZA, C. A. de (org.). *Bacia hidrográfica do rio Paraguai – MT:* Dinâmica das águas, uso e ocupação e degradação ambiental. São Carlos: Editora Cubo, 2012. p. 51–64.

SOUZA, C. A.; LANI, J. L.; SOUSA, J. B. Origem e evolução do Pantanal Mato-grossense. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 06., 2006, Goiânia – GO. *Anais* [...]. Goiânia – GO, 2006. Disponível em: http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/6/3/132.pdf. Acesso em: 12 mar. 2019.

SOUZA, J. O. P. Dos sistemas ambientais ao sistema fluvial – uma revisão de conceitos. *Caminhos de Geografia,* Uberlândia, MG, v. 14, n. 46, p. 224–233, 2013. Disponível em: http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdeGeografia/article/view/22281/13241. Acesso em: 18 jun. 2018.

SOUZA, M. L. de. Algumas notas sobre a importância do espaço para o desenvolvimento social. *Revista Território*, Rio de Janeiro, RJ, ano 2, n. 3, p. 13–35, 1997. Disponível em: http://www.revistaterritorio.com.br/pdf/03_3_souza.pdf. Acesso em: 21 maio 2018.

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

SUERTEGARAY, D. M. A. Espaço geográfico uno e múltiplo. *Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales,* Universidad de Barcelona, Espanha, n. 93, p. 1-10, 2001. Disponível em: http://www.ub.edu/geocrit/sn-93.htm. Acesso em: 12 maio 2018.

SUERTEGARAY, D. M. A. Geografia e interdisciplinaridade. Espaço geográfico: interface natureza e sociedade. *Geosul,* Florianópolis, SC, v. 18, n. 35, p. 43-53, 2003. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/13601/12468. Acesso em: 12 maio 2018.

SUGUIO, K. *Introdução à sedimentologia*. São Paulo: Edgar Blucher, 1973.

TRICART, J. *Ecodinâmica.* Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977.

TROPPMAIR, H.; GALINA, M. H. Geossistemas. *Mercator*, Fortaleza, CE, ano 05, n. 10, p. 79–88, 2006. Disponível em: www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/69/44. Acesso em: 23 maio 2018.

TUCCI, C. E. M. Fundamentos do escoamento não-permanente. *In:* TUCCI, C. E. M. *Hidrologia:* ciência e aplicação. 2. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2001. p. 373-390.

VAEZA, R. F. *et al.* Uso e Ocupação do Solo em Bacia Hidrográfica Urbana a Partir de Imagens Orbitais de Alta Resolução. *Floresta e Ambiente,* Rio de Janeiro, RJ, v. 17, p. 23-29, 2010. Disponível em: http://www.floram.org/files/v17n1/v17n1a3.pdf. Acesso em: 26 jun. 2018.

VERVLOET, R. J. H. M. *O papel das estruturas litológicas e tectônicas na evolução da rede hidrográfica da Região Serrana do Espírito Santo:* o caso da bacia hidrográfica do Rio Benevente. 2014. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

VITTE, A. C. O desenvolvimento do conceito de paisagem e a sua inserção na Geografia física. *Mercator*, Fortaleza, CE, ano 06, n. 11, p. 71–78, 2007. Disponível em: www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/58/33. Acesso em: 27 maio 2018.