



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



THALES ERNILDO DE LIMA

**BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO PARAGUAI:
ÁREA DE RECARGA E PANTANAL DE CÁCERES**

CÁCERES-MT

2020



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



THALES ERNILDO DE LIMA

**BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO PARAGUAI:
ÁREA DE RECARGA E PANTANAL DE CÁCERES**

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

2020

Walter Clayton de Oliveira CRB 1/2049

L732b LIMA, Thales Ernildo de.
Bacia Hidrográfica do Alto Paraguai: Área de Recarga e Pantanal de Cáceres / Thales Ernildo de Lima - Cáceres, 2021.
194 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, 2021.
Orientador: Célia Alves de Souza

1. Pantanal de Cáceres. 2. Dinâmica das Águas. 3. Modelagem. I. Thales Ernildo de Lima. II. Bacia Hidrográfica do Alto Paraguai:: Área de Recarga e Pantanal de Cáceres.

CDU 574(817.2)



Portal do
Coordenador Stricto

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO DE ATIVIDADES
ACADÊMICAS

EMITIDO EM 31/03/2021 08:47



DECLARAÇÃO

Declaramos, para os devidos fins, que o aluno **THALES ERNILDO DE LIMA** foi aprovado(a) na DEFESA de DISSERTAÇÃO em GEOGRAFIA/PPGGEO - CACERES do Curso de MESTRADO, no dia 30 de Março de 2021 às 14:00, no(a) Videoconferência, UNEMAT, cuja banca examinadora fora constituída pelos professores:

CELIA ALVES DE SOUZA

(Presidente)

ALFREDO ZENEN DOMINGUEZ GONZALEZ

(Interno)

SANDRA MARA ALVES DA SILVA NEVES

(Interno)

Doutor (a) ANDRÉ LUIZ NASCENTES COELHO

(Externo à Instituição)

A sua DISSERTAÇÃO intitulou-se:

BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO PARAGUAI: ÁREA DE RECARGA E PANTANAL DE
CÁCERES

Esta declaração não exclui o aluno de efetuar as mudanças sugeridas pela banca nem vale como outorga de grau de MESTRADO, de acordo com o definido na Resolução 15/2013-CONSUNI.

Cáceres, 31 de Março de 2021.

EVALBO FERREIRA
COORDENADOR(A) PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM GEOGRAFIA

SIGAA | Tecnologia da Informação da Unemat - TIU - (65) 3221-0000 | Copyright © 2006-2021 - UNEMAT - sig-application-01.applications.sig.oraclevcn.com.srv1inst1

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela saúde e sabedoria.

À minha esposa, Cristiane da Silva Lima, pela parceria, apoio e paciência.

Aos meus tios, Eduardo Clemente e Marta Clemente, pelo convite para morar e estudar em Cáceres e principalmente pela ajuda em coletas de dados junto a Agência Fluvial de Cáceres – Marinha do Brasil.

Ao meu irmão, Tércio José de Lima, pelo auxílio nas pesquisas e confecção de partes do trabalho.

Agradeço também aos demais familiares (esposa, irmãos e tios) que sempre torceram por mim.

Ao LAPEGEOF- Laboratório de Pesquisa em Geomorfologia Fluvial “Sandra Baptista Cunha”, coordenado por minha orientadora, Celia Alves de Souza, e ao coletivo que integra o grupo, por contribuírem com o desenvolvimento do trabalho. Foram quatro anos e meio de muito aprendizado desde a Iniciação Científica.

Gratidão à minha orientadora, que desde a graduação acompanhou minha formação acadêmica e sempre contribuiu com o desenvolvimento intelectual.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade do Estado de Mato Grosso, por sediar o curso na cidade de Cáceres. E aos coordenadores, professores, técnicos e servidores pelo trabalho sincronizado para manterem o programa em funcionamento.

À CAPES, pelo financiamento da pesquisa.

Obrigado!

SUMÁRIO

Lista de abreviaturas, siglas e símbolos	ix
Lista de tabelas	xi
Lista de quadros	xii
Lista de figuras	xiii
Resumo	xv
Abstract	xvi

CAPÍTULO I

1	INTRODUÇÃO.....	17
----------	------------------------	-----------

CAPÍTULO II

2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1	Espaço geográfico.....	23
2.2	Paisagem geográfica	26
2.3	Bacia hidrográfica.....	30
2.3.1	Rio Paraguai	32
2.3.2	Descarga Sólida.....	35
2.4	Pantanal Mato-grossense.....	36
2.4.1	Definição	36
2.4.2	Origem	37
2.4.3	Divisão do Pantanal	40
2.4.3.1	Pantanal de Cáceres.....	42
2.5	Geotecnologia: Sistemas de Informações Geográficas e Sensoriamento Remoto.....	44
2.6	Modelo Digital de Elevação – MDE.....	46
2.7	Software 3D	48

CAPÍTULO III

3	MATERIAL E MÉTODOS	51
3.1	Área de estudo	51
3.2	Procedimentos metodológicos.....	52
3.2.1	Primeira etapa: área de recarga na Bacia do Alto Paraguai	52
3.2.1.1	Caracterização das condicionantes geoambientais (geologia, geomorfologia e pedologia) na Bacia do Alto Paraguai	52
3.2.1.2	Tipos de usos e coberturas da terra na Bacia do Alto Paraguai	53
3.2.1.3	Variação pluviométrica.....	53
3.2.1.4	Variação fluviométrica/densidade de drenagem/descarga sólida do rio Paraguai.....	55
3.2.2	Segunda etapa - Simulação da inundação no Pantanal de Cáceres	57

CAPÍTULO IV

4	RESULTADO E DISCUSSÕES	70
4.1	Características Geoambientais do Pantanal de Cáceres	70
4.1.1	Geologia	70
4.1.1.1	Área de recarga e Pantanal de Cáceres	71
4.1.2	Geomorfologia	86
4.1.2.1	Planalto dos Parecis	88
4.1.2.2	Província Serrana	90
4.1.2.3	Planaltos Residuais do Alto Guaporé.....	91
4.1.2.4	Depressão do Rio Paraguai	92
4.1.2.5	Planície Fluvioacustre e Planícies e Pantanaís mato-grossense	93
4.1.3	Solos	94
4.1.3.1	Argissolos Vermelho-Amarelo.....	97
4.1.3.2	Cambissolos	98
4.1.3.3	Gleissolos Háptico	98
4.1.3.4	Latossolos Vermelho-Amarelo	99
4.1.3.5	Latossolos Vermelho.....	100
4.1.3.6	Neossolos Flúvicos	100
4.1.3.7	Neossolos Litólicos	101
4.1.3.8	Neossolos Quartizarênicos	102
4.1.3.9	Nitossolos Vermelhos	103
4.1.3.10	Organossolos.....	104
4.1.3.11	Planossolos.....	104
4.1.3.12	Plíntossolos Argilúvicos	105
4.2	Uso e cobertura	107
4.2.1	Culturas permanentes.....	109
4.2.2	Culturas temporárias.....	110
4.2.3	Pastagens	113
4.2.4	Silvicultura.....	115
4.2.5	População e áreas urbanas	116
4.2.6	Áreas de mineração	120
4.2.7	Áreas de barragens.....	121
4.2.8	Área de Cerrado	122
4.2.9	Área Florestal.....	123
4.3	Varição pluviométrica	124
4.3.1	Pluviosidade na bacia do rio Sepotuba	128
4.3.2	Pluviosidade na bacia do rio Cabaçal	130
4.3.3	Pluviosidade na bacia do rio Jauru	132
4.3.4	Pluviosidade no rio Paraguai, a montante e jusante da cidade de Cáceres ..	133
4.4	Fluviometria do Alto Paraguai	138
4.4.1	Varição fluviométrica: estações fluviométricas.....	138
4.4.2	Vazão da bacia do rio Jauru	138
4.4.3	Vazão e descarga sólida em suspensão do rio Sepotuba, Cabaçal, Jauru e afluentes da margem esquerda do rio Paraguai	141
4.4.4	Vazão da bacia do rio Paraguai	147
4.5	Simulação de inundação	156
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	176

REFERÊNCIAS	179
--------------------------	------------

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ANA - Agência Nacional de Águas

COOPERB - Cooperativa Agrícola dos Produtores de Cana de Rio Branco

CRPM - Comissão de Representantes Permanentes do MERCOSUL

DEM - Digital Elevation Model

DNPVN - Departamento Nacional de Portos e Vias Navegáveis

DPI - Divisão de Processamento de Imagens

Ecoa - Ecologia e Ação

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EON - Subdivisão de tempo na escala de tempo geológico

EUPS - Equação Universal de Perda dos Solos

GDAL - Vector Geospatial Data Formats

GIS - Geographic Information System

HIDROWEB (SNIRH) - Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IQD - Inverso do Quadrado da Distância

LAPEGEOF - Laboratório de Estudos e Pesquisa em Geomorfologia Fluvial – “Sandra Baptista Cunha”

MDE - Modelo Digital de Elevação

OSM - Open Street Map

OSM WMS - Open Street Map Web Map Service

PCBAP - Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai

QGIS - Quantum GIS

QSS - Descarga Sólida em Suspensão Parcial

RHN - Rede Hidrometeorológica Nacional

RMSPE - Root Mean Squared Percentage Error

SD-21 - Cuiabá - Folha do mapeamento ambiental

SE-21 - Corimba - Folha do mapeamento ambiental

SEPLAN - Secretaria Municipal de Planejamento

SiBCS - Sistema Brasileiro de Classificação de Solo

SIG - Sistemas de Informações Geográficas

SRTM - Shuttle Radar Topography Mission

TOPODATA - Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil

VANTs - Veículo Aéreo Não Tripulado

ZIP - Formato de compactação de arquivos muito difundido pela Internet

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estações Pluviométricas do Pantanal de Cáceres.....	54
Tabela 2 – Estações Fluviométricas do Pantanal de Cáceres.....	55
Tabela 3 – Geologia da Área de recarga.....	83
Tabela 4 – Unidades Geomorfológicas.....	88
Tabela 5 – Solos da Área de recarga e Pantanal de Cáceres.....	96
Tabela 6 – Área e porcentagem das classes de uso e cobertura.....	107
Tabela 7 – População e base econômica dos municípios na Bacia do Alto Paraguai..	118
Tabela 8 – Tabulação de valores sobre a precipitação e vazão.....	156

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Ocorrências geológicas e processos atuantes (infiltração, escoamento superficial e percolação)	71
Quadro 2 – Estações pluviométricas de afluentes e do rio Paraguai.....	126
Quadro 3 – Índice da vazão mensal nos rios Jauru e Paraguai.....	139
Quadro 4 – Vazão e descarga sólida suspensa dos rios Sepotuba, Cabaçal, Jauru e córregos tributários do rio Paraguai	141
Quadro 5 – Vazão do rio Paraguai em várias seções.....	147
Quadro 6 – Nível do rio Paraguai na baía do Malheiros	157
Quadro 7 – Confluência dos rios Sepotuba e Cabaçal com o rio Paraguai	159
Quadro 8 – Ponte Marechal Rondon a baía da Palha	165
Quadro 9 – Pantanal de Cáceres: Ilha Taiamã.....	171

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da área de estudo	51
Figura 2 – Apresentação da sequência da pesquisa	52
Figura 3 - Localização dos três recortes espaciais designados a simulação tridimensional.....	58
Figura 4 – Sequenciais 1 a 23 orientação para instalação, configuração e modelagem espacial	59
Figura 5 – Ocorrências geológicas na Bacia do Alto do Paraguai	73
Figura 6 – Formas de abastecimento hídrico dominantes na Bacia do Alto Paraguai..	92
Figura 7 – Geomorfologia da Bacia do Alto Paraguai	94
Figura 8 – Solos da Bacia do Alto Paraguai	106
Figura 9 – Uso e cobertura na Bacia do Alto Paraguai em 2018	108
Figura 10 – (A) Plantio de bananeiras e (B) plantio de espécie frutífera em área de mata ciliar.	109
Figura 11 – (A) Plantio de cana-de-açúcar e (B) plantio de mandioca.	111
Figura 12 – Assoreamento e erosão (voçoroca) na cabeceira da bacia do rio Branco.	112
Figura 13 – Impactos ambientais - erosão (ravina e voçoroca)	114
Figura 14 – Demografia dos municípios situados na Bacia do Alto Paraguai.....	117
Figura 15 – Índice de precipitação anual / isoietas	125
Figura 16 – Histograma da pluviosidade da bacia do rio Sepotuba	130
Figura 17 – Histograma da pluviosidade da bacia do rio Cabaçal	131
Figura 18 – Histograma da pluviosidade da bacia do rio Jauru	132
Figura 19 – Histograma da pluviosidade no rio Paraguai	134
Figura 20 – Densidade de drenagem na Bacia do Alto Paraguai	140
Figura 21 – Histograma de vazão no rio Jauru	147
Figura 22 – Histograma de vazão no rio Paraguai.....	153
Figura 23 – Precipitação e vazão média mensal para o período de 2008-2018 para a bacia hidrográfica do rio Jauru-MT	154
Figura 24 – Precipitação e vazão média mensal para o período de 2008-2018 para a bacia hidrográfica do rio Paraguai-MT	156
Figura 25 – Frames do Modelo Tridimensional de Inundação (rios Sepotuba, Cabaçal e Paraguai)	160

Figura 26 – Frames do Modelo Tridimensional de Inundação (Ponte Marechal Rondon a baía da Palha)	166
Figura 27 – Registros fotográficos de inundações no Centro da cidade de Cáceres – MT (15 de janeiro de 2007).....	169
Figura 28 – Frames do Modelo Tridimensional de Inundação (Planície pantaneira de Cáceres e Poconé)	172
Figura 29 – (A) Erosão por solapamento basal; (B) Deposição de sedimentos.....	175

RESUMO

O presente estudo tem por objetivo analisar os condicionantes geoambientais de uso e cobertura da terra na bacia do Alto Paraguai e sua influência na dinâmica das águas no Pantanal de Cáceres-MT. Os procedimentos utilizados foram levantamento bibliográfico para a construção do referencial teórico e a caracterização geoambiental por meio dos relatórios técnicos CPRM, RADAMBRASIL e Embrapa. Os dados de uso e cobertura da terra foram extraídos do IBGE e obtidos dos registros da ANA, dos dados pluviométricos e fluviométricos. Para a obtenção da descarga de sólidos utilizou-se o banco de dados do LAPEGEOF. A simulação tridimensional foi realizada através do Modelo Digital de Elevação – MDE, aplicados ao software Blender 2.81a, permitindo a modelagem da paisagem. E os níveis da altura do rio Paraguai foram adquiridos junto a Agência Fluvial de Cáceres. Os resultados mostraram que na área de recarga/captação destaca-se ocorrências litológicas como a Formação Utiariti, a Formação Araras e a Suite Intrusiva Santa Helena. As unidades do relevo de maior abrangência são a Depressão do Rio Paraguai e o Planalto dos Parecis. O índice pluviométrico registrou variação entre 0,23 a 159,40 mm, enquanto que a vazão aferida variou de 169,39 a 1.220,31 m³/s. A simulação tridimensional proporcionou identificar inundações horizontais (transborda para planície) e verticais (aumento do nível água), por acúmulo do volume de água. As informações obtidas pela régua fluviométrica mostraram variação do nível da água de 0,70 a 5,97 m. Esses valores foram utilizados para os três compartimentos em estudo, em diferentes altitudes. A execução desta pesquisa proporcionou o conhecimento das condicionantes geoambientais que contribui para disponibilidade de água no Pantanal e levantar os vários tipos de uso do solo na bacia do Alto Paraguai, que podem estar contribuindo para o aumento do aporte de sedimentos e assoreamento do Pantanal.

Palavras-chave: Pantanal de Cáceres; Dinâmica das águas; Modelagem.

ABSTRACT

This study aims to analyze the geo-environmental conditions of land use and land cover in the Upper Paraguay basin and their influence on the water dynamics in the Pantanal of Cáceres-MT. The procedures used were a bibliographic survey for the construction of the theoretical framework and the geo-environmental characterization through the technical reports CPRM, RADAMBRASIL and Embrapa. Land use and land cover data were extracted from IBGE and obtained from ANA records, rainfall and fluviometric data. To obtain the discharge of solids, the LAPEGEOF database was used. The three-dimensional simulation was performed using the Digital Elevation Model - MDE, applied to the Blender 2.81a software, allowing the modeling of the landscape. And the height levels of the Paraguay River were acquired from river agency of Cáceres. The results showed that in the area of recharge / capture, lithological occurrences stand out such as the Utiariti Formation, the Araras Formation and the Santa Helena Intrusive Suite. The most important relief units are the Depression of the Paraguay River and the Planalto dos Parecis. The pluviometry index registered a variation between 0.23 to 159.40 mm, while the measured flow varied from 169.39 to 1.220.31 m³ / s. The three-dimensional simulation enabled the identification of horizontal (overflowing to plain) and vertical (increased water level) floods, due to the accumulation of water volume. The information obtained by the fluviometric ruler showed a variation in the water level from 0.70 to 5.97 m. These values were used for the three compartments under study, at different altitudes. The execution of this research provided the knowledge of the geo-environmental conditions that contribute to the availability of water in the Pantanal and to raise the various types of land use in the Upper Paraguay basin, which may be contributing to the increase of the sediment input and silting of the Pantanal.

Keywords: Pantanal de Cáceres; Water dynamics; Modeling.

CAPITULO I

1 INTRODUÇÃO

O presente estudo foi desenvolvido na Bacia do Alto Paraguai (BAP), com enfoque na área de recarga e no Pantanal de Cáceres, no estado de Mato Grosso. O rio Paraguai constitui o tronco de drenagem da Bacia do Alto Paraguai, sendo uma das bacias de escoamento de águas continentais mais importantes do Brasil (SOUZA, 2012; HAMILTON, 1994). Além disso, estabelece o equilíbrio para manutenção do Pantanal, que em conjunto com o fator geomorfológico cria as condições ideais para inundações sazonais (SOUZA, 2012; CORRADINE; ASSINE, 2012; GUERRA; GUERRA, 1997).

O Pantanal compõe um Bioma que tem pelas suas características físicas áreas permanentemente alagadas. Ou seja, com vasta extensão de solos alagadiços durante a cheia e o período denominado de vazante, possuindo algumas pequenas porções de terras mais elevadas que não são imersas (MORENO; HIGA, 2005). É também definido como uma planície de sedimentos holocênicos extensa, sobre alguns blocos falhados, permitindo o acúmulo sazonal das águas continentais (GUERRA; GUERRA, 1997).

O Pantanal de Cáceres possui suas próprias características de inundação e foi definido juridicamente de Pantanal de Cáceres, após planejamento e aplicações administrativas em relação à fiscalização ambiental. Posteriormente, tornou-se lugar de estudos sobre os tipos e usos dos solos no Pantanal levando em consideração as particularidades das microrregiões por meio de zoneamento (SILVA; ABDON, 1998).

Segundo Neves et al. (2009) o Pantanal de Cáceres possui uma área com aproximadamente 12.412,56 km², situado no município de Cáceres. O seu sistema hídrico é de extrema importância para a manutenção deste ambiente, sendo formado pelos rios Jauru, Paraguai e Corixo Grande. O Pantanal de Cáceres é entendido como uma sub-região, situada ao norte do Pantanal mato-grossense, que corresponde a uma superfície de acumulação extensa, com predominância topográfica plana e sujeita a inundações conduzidas pelo tronco de drenagem, o rio Paraguai (GALVANIN et al. 2014).

Os maiores índices de precipitação ocorrem nas áreas de planalto, onde parte do volume alcança o rio principal por meio de escoamento superficial, contribuindo para a sua vazão com grande quantidade de água e partículas sedimentares que são transportados pela calha do rio e chegam à planície. O regime hídrico é sazonal, possuindo dois períodos de seca (quando a água captada fica restrita na calha do rio) e a cheia (quando a vazão supera o nível do canal, transbordando sobre a planície e alimentando baías e lagoas). O nível da água na planície durante a cheia pode alcançar dois metros de profundidade, por isso, é entendido no canal fluvial do rio Paraguai como planície de inundação (SOUZA, 2004).

Do mesmo modo, destaca-se o regime fluvial dos cursos d'água no rio Paraguai que atravessam os Pantanais mato-grossenses, tendo em vista a particularidade da Bacia do Alto Paraguai com grandes áreas de inundação. O regime fluvial está diretamente vinculado “ao regime geral de precipitação da bacia hidrográfica”, com grandes bacias de captação que podem refletir o “somatório de vários regimes pluviométricos diversos” e que posteriormente a captação sucede superficialmente em diferentes níveis sobre o relevo (GARCEZ; ALVAREZ, 1988, p. 82).

Esses acúmulos sazonais de inundação constituem a principal força modeladora da paisagem. Segundo Junk e Cunha (2005), tais fenômenos são denominados de ciclo e/ou pulso de inundação, provenientes do regime pluviométrico das regiões de cabeceira. O pulso de inundação é a maior força existente de produção e interação com o ciclo hidrológico. Conforme Junk, Bayley e Sparks (1989), o pulso de inundação é o maior controlador da biota no ambiente aquático das planícies de inundação, como é o caso do Pantanal mato-grossense.

O ciclo de inundação no Pantanal corresponde ao escoamento fluvial decorrente de precipitações e água de infiltração, sendo que do total precipitado apenas as quantidades eliminadas pela evapotranspiração estão isentas da participação do escoamento (CUNHA; GUERRA, 2008). O ciclo de inundação no Pantanal de Cáceres apresenta então um período de seca, que ocorre de abril a setembro, e um período de cheia, de outubro a março (EVANS et al. 2014).

Constitui-se pulso de inundação o processo bioprocessador de trocas entre as fases terrestre (seca) e aquática (cheia) sobre a planície de inundação, considerado importantes para a “produção de matéria orgânica” no Pantanal. “Esse sistema pulsante, no que tange à variação anual e plurianual do nível da água” resulta na expansão da drenagem sobre a planície de inundação em 3 a 5 cm/km de norte a sul e 12 a 15 cm/km de leste a oeste (RESENDE, 2008, p. 9).

Entre as principais pesquisas sobre os processos hidrológicos e de inundação no contexto internacional, destacam-se as de comportamento fluvial em planícies de inundação dos rios, como a dos autores Bates e Roo (2000), que aferiram o fluxo de inundação sobre a planície do rio Meuse, nos Países Baixos e a de Chatterjee, Forster e Bronstert (2008), que estudaram o médio curso do rio Elba, localizado na Alemanha.

No contexto nacional diversos estudos têm contribuído para o entendimento da dinâmica das águas, como as pesquisas de Souza Filho e Stevaux (2000), que estudaram atividades fluviométricas da planície alagável do Alto rio Paraná; Rocha e Comunello (2011), que delimitaram zonas inundáveis na planície de inundação do alto rio Paraná, através do uso de geotecnologias; Cavalvanti e Reis (2017), que desenvolveram um estudo sobre metodologias para aferir características de drenagem em sub-bacias hidrográficas no rio São Francisco. No contexto regional/local, ganha destaque as pesquisas de Souza (2004), que investigou a dinâmica fluvial do rio Paraguai; Silva (2012), que correlacionou as feições morfológicas e os processos sedimentares do corredor fluvial do rio Paraguai; e Santana (2017), que examinou a influência dos canais urbanos nos aspectos morfológicos e hidrossedimentológicos no rio Paraguai.

Há outros estudos de importância que também investigaram a dinâmica das águas no Pantanal de Cáceres. A pesquisa de Souza (2015) teve como objetivo avaliar a dinâmica fluvial da bacia hidrográfica do córrego Salobra e realizar o levantamento dos principais elementos bióticos e abióticos, bem como verificar o processo de uso e cobertura da bacia.

Há que se destacar também a pesquisa de Leandro, Souza e Nascimento (2014), autores que analisaram os agentes e mecanismos desencadeadores da

dinâmica morfológica e hidrossedimentológica no rio Paraguai, entre a Volta do Angical e a cidade de Cáceres, Mato Grosso. O estudo resultou na interpretação da Fisiologia da Paisagem, com o auxílio da metodologia geossistêmica.

Nota-se nos estudos a preocupação de diversos pesquisadores em obter informações sobre as condições de fluxo hidrológico nas planícies. Por isso, autores como Beffa e Connell (2001) justificam um modelo descritivo bidimensional, tratando-se da necessidade de compreender vários dos problemas hidráulicos sobre a planície.

As técnicas computacionais também proporcionam a modelagem de ambientes tridimensionais, de maneira que é uma ferramenta tecnológica para desenvolvimento em diversas áreas de design. O conceito *modelagem em 3D* é concebido por meio de “aplicação matemática da geometria espacial”, diferenciando-se de outros conceitos de modelagem, tendo em vista que são calculados por programas de computador (SANTOS, 2018, p. 1). As aplicações de técnicas tridimensionais, com ênfase em morfologia, crescem no meio científico sobre análise estrutural usando modelos (EULITZ; REISS, 2015). O ganho desta técnica aplicada à ciência tornou-se possível realizar a construção de espaços geográficos em diferentes escalas (MORENO et al. 2015).

As Geotecnologias apresentadas por meio dos Sistemas de Informação Geográficas (SIG) correspondem a um “sistema computacional que trabalha um número infinito de informações de cunho geográfico”. Ou seja, é “um sistema constituído por um conjunto de programas computacionais, a qual integra dados, equipamentos e pessoas” e permite “coletar, armazenar, recuperar, manipular e analisar dados espacialmente referenciados a um sistema de coordenadas conhecido” (FITZ, 2008, p. 81).

O Pantanal está passando por um processo intenso de sedimentação associado principalmente aos usos e cobertura da terra (pastagem, agricultura, cidades, garimpos, etc.) no planalto que o circunda. Tais ações de interferência humana contribuem para a variação do nível da água, aumento de áreas úmidas e diminuição da vazão.

A utilização de um modelo tridimensional proporciona a visualização do comportamento da oscilação do nível da água no Pantanal de Cáceres em

escala temporal/espacial, que permite analisar pontos críticos, como inundação da planície, desenvolvimento de novas baías, lagoas e a formação de conexão, além da suscetibilidade a inundação de áreas urbanas ao exemplo da cidade de Cáceres. Vários estudos mostram que a morfologia em escala de bacia hidrográfica está relacionada com o regime pluviométrico e fluviométrico. A aplicação tridimensional permite simular o regime fluviométrico para eventos extremos, levando em conta as variáveis: regime de precipitação, vazão e assoreamento.

Quanto à relevância da pesquisa, considera-se que o recorte específico referente ao Pantanal de Cáceres possui importância regional e também nacional, devido às características e biodiversidade que precisam ser preservadas e recuperadas. Pois o Pantanal de Cáceres é abastecido pelo transbordamento do rio Paraguai e estudos apontam que nas últimas décadas têm ocorrido oscilação na sua dinâmica de inundação. Desta forma, torna-se importante entender a influência dos condicionantes geoambientais nesse processo para a sustentação e manutenção do Pantanal.

As alterações na dinâmica de inundação do Pantanal de Cáceres podem estar associadas ao volume pluviométrico, à capacidade de recarga e o aporte de sedimentos relacionados ao uso e cobertura da terra, na Bacia do Alto Paraguai. A simulação pode proporcionar um ensaio de sistema fluviométrico diferenciado pelo *input* fluviométrico sazonal. Essas características deverão seguir uma tendência positiva entre o *input* pluviométrico e o aumento no sistema fluvial. Acredita-se que através da pesquisa é possível subsidiar políticas públicas e planejamento da Defesa Civil do município, como por exemplo, simular e prever condições extremas no que diz respeito a entrada de pulso pluviométrico e comportamento fluviométrico.

Objetivo geral:

- Analisar os condicionantes geoambientais e uso/cobertura da terra na Bacia do Alto Paraguai, analisando suas influências na dinâmica das águas no Pantanal de Cáceres.

Objetivos específicos:

- Analisar a influência dos condicionantes geoambientais (geologia, geomorfologia, solos e pluviometria) da Bacia do Alto Paraguai na dinâmica das águas do Pantanal de Cáceres;
- Analisar a cobertura vegetal e usos da terra na Bacia do Alto Paraguai e suas contribuições no aporte de sedimentos no Pantanal de Cáceres;
- Realizar a simulação da oscilação do nível da água no Pantanal de Cáceres em escala espaço/temporal através de técnicas tridimensional.

A dissertação está estruturada em quatro capítulos. O primeiro corresponde a introdução. O segundo apresenta a fundamentação teórica, na qual procedeu-se a revisão da literatura das seguintes temáticas: espaço geográfico, paisagem geográfica, bacia hidrográfica, Pantanal Mato-grossense e Sistema de Informações Geográficas: geotecnologia, sensoriamento remoto e mapeamento e Modelo Digital de Elevação – MDE. O terceiro capítulo refere-se aos procedimentos metodológicos e no quarto são apresentados os resultados e discussões. Por fim, segue as conclusões finalizando a pesquisa.

CÁPITULO II

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Espaço geográfico

O objeto da geografia (*espaço*) primordialmente divagou em reflexões teóricas de autores clássicos, como Ratzel e Hartshorne. Cabe afirmar que antes das concepções críticas dos respectivos pesquisadores, o espaço não era entendido como objeto da Geografia. Ratzel compreendeu o espaço como “base indispensável para a vida do homem, sendo que o domínio do espaço se transforma em elemento crucial na história do homem”. Além disso, o estudioso desenvolveu o conceito de *espaço vital* sobre a base determinista. Hartshorne entendeu o espaço como “um conjunto de pontos que possuem existência entre si”. Sob influência direta de Kant, também influenciado por Newton, o pesquisador norte americano concluiu que “espaço e o tempo se associam a todas as dimensões da vida” (POLON, 2016, p. 85).

Com a influência neopositivista na revolução teórico-quantitativa, a interpretação do espaço é entendida como uma superfície plana com suas propriedades físicas, sobre células correlacionadas em uma porção do terreno. Assim, o espaço entendido sob tal perspectiva crítica, que remonta à década de 1950, é visto como uma matriz sobre as bases da natureza sendo exibidos e validados por dados numéricos (CORREIA, 2000).

Posteriormente, com a nova abordagem que advém da Geografia crítica, o conceito de *espaço* passou por renovações. O pesquisador, que de acordo com as concepções críticas da Geografia crítica, compreende que o espaço se trata de “formação econômico-social devido ao modo de produção/reprodução dos bens materiais”. Isto é, que o espaço, em seu processo produtivo, é a primeira natureza, enquanto que a “formação sócio-espacial é processo de acumulação”. Dessa maneira, Moreira (2013 apud POLON, 2016, p. 86) justifica a percepção da “superioridade do homem sobre o seu meio”.

A perspectiva crítica de Polon (2016) sobre o espaço geográfico é resultado de relações socioespaciais, onde as “práticas espaciais dos homens que estabelecem sentido”. Tais concepções, a autora descreve no fragmento abaixo:

O espaço geográfico é um produto resultante das relações socioespaciais que nele se estabelecem, sejam elas da ordem que forem, políticas, econômicas ou simbólicas. E neste sentido, a sociedade tem papel fundamental, uma vez que as relações que os homens estabelecem entre si

acabam por refletir na dinamização do espaço, configurando e reconfigurando este constantemente, em conformidade com os vários períodos históricos. São as práticas espaciais dos homens que estabelecem sentido ao que o conceito representa. No entanto, essas práticas espaciais não podem ser naturalizáveis, mas devem considerar a apropriação desigual do espaço por parte dos homens, gerando conflitos que se refletem também na forma pela qual o espaço geográfico está organizado (POLON, 2016, p. 91, 92).

A interpretação do espaço pela autora segue o viés teórico-crítico da Geografia crítica, com o qual diversos autores também concordam.

A fundamentação crítica sobre *espaço geográfico* também é tema de interesse de Santos (2002, p. 12), que o compreende como um “conjunto indissociável de sistemas de objetos e de ações”. O autor propõe que o espaço consiste na apropriação do espaço natural com a utilização de ferramentas e das relações sociais, alterando por meio do trabalho as características do mesmo, por isso transformando-o. O autor entende que o homem se relaciona no espaço geográfico com a “natureza e consigo mesmo”.

As relações entre o homem e a natureza (também entendidos como meio) é dada, segundo Santos (2002), pela técnica. O que significa que a sociedade opera no espaço geográfico por meio de sistemas de comunicação e mobilidade. A compreensão do espaço geográfico, transformado pela técnica, trata-se da “ocupação do solo pela utilização da infraestrutura moderna” e também a imposição de novos métodos de produção e maquinário. O autor concorda que a técnica é um “fenômeno” tecnológico de modelagem e renovação do espaço. Além disso, compreende que o espaço geográfico é resultado dos sistemas de ações no contexto de relações sociais temporais, convenientes ao desenvolvimento social, econômico, culturais (material e imaterial), morais e afetivos (SANTOS, 2002, p. 19).

Percebe-se que o ponto de vista crítico de alguns autores citados na pesquisa se encontra em certos momentos. De certo modo, tais correlações advêm da herança de escolas de pensamento ideológico, como a alemã e a francesa, que colocaram em discussão o conceito de *espaço geográfico*. Desde modo, ainda houve influências sobre tal conceito/discussão fenomenológica, como uma visão cultural-simbólica, sobretudo influenciada pela perspectiva de Paul Claval e Yi-Fu-Tuan, autores que entenderam o espaço geográfico como manifestações simbólicas decorrentes da vida humana. Ou seja,

a “especialização do mundo e a classificação dos fenômenos, [...]. O espaço seria a harmonia entre o eu/mundo, entre esses dois pares” (BRAGA, 2007, p. 68).

Para Harvey (1973, p. 13), o espaço pode ser entendido de três formas: *espaço absoluto* (ou seja, independente de matéria, “espaço é coisa em si mesmo”, onde os fenômenos são distinguidos por sua estrutura); *espaço relativo* (compreendido pelo autor como uma “relação entre objetos que existe pelo próprio fato de os existirem e se relacionarem”, mostrando a similaridade com o ponto de vista de Milton Santos); e *espaço relacional* (que é o “espaço, [...] contido em objetos, no sentido de que um objeto pode ser considerado como existindo somente na medida em que contém e representa em si mesmo as relações com outros objetos”).

Harvey (2015, p. 10) sustenta a definição tripla do espaço e entende que o espaço absoluto é o “espaço primário de individualização”, do qual fazemos parte enquanto pessoas individuais pelos fenômenos discretos e delimitados. O autor afirma que é usualmente representado por medições abertas aos cálculos. Assim, o espaço absoluto é entendido como “o espaço de todas as formas de mapeamento”.

A concepção de espaço relativo advém do que chama de “quadro espacial”, onde a compreensão do mesmo “depende estritamente daquilo que está sendo relativizado e por quem”, contrapondo a ideia do espaço absoluto. O autor traz a conhecimento que “todas as formas de medição dependem do modelo de referência do observador”, concepção esta argumentada por Einstein. Sobre essa perspectiva não há como desvincular o espaço do tempo, também chamado de temporalidade (HARVEY, 2015, p. 11).

O entendimento sobre espaço racional tem como crítica a visão absolutista, contrapondo ideias sobre o Theós sobre o espaço, defendido por alguns teóricos, a exemplo de Newton. A concepção de espaço racional está pautada sobre o conceito de relações internas, isto ocorre com a internalização das influências externas em “processos ou coisas específicas” no decorrer do tempo (HARVEY, 2015, p. 12).

Nesta mesma linha de pensamento que entende o espaço geográfico como tripé, Giometti, Pitton e Ortigoza (2012, p. 34) compreendem o espaço como uma “totalidade dinâmica em que se interagem fatores naturais, socioeconômicos e políticos”. Os autores afirmam que o espaço representa articulação entre natureza e sociedade, tendo nesta articulação um fator de pressão sobre os sistemas naturais. Ambos defendem um ponto de

vista que está articulado sobre perspectivas críticas de Santos (2002, p. 70), como um agente ativo e passivo capaz de transformar o espaço.

Os autores referenciados afirmam que o espaço geográfico compreende outras três categorias: lugar, paisagem e território. Conforme os autores, o lugar difere do espaço geográfico caracterizando-se por “qualquer porção da superfície terrestre, ampla e desconhecida”, visto que o lugar tem o aspecto de vínculo afetivo – fenômenos. Já a paisagem “reside na forma de interpretá-la, pois foi fundamentada apenas na descrição empírica dos elementos. E atualmente é acrescida de relações e conjunções de elementos naturais e tenrificados, socioeconômicos e culturais.”. Por fim, o território é munido da perspectiva de poder sobre um recorte espacial, tendo como base central “as relações entre os agentes sociais, políticos e econômicos interferindo na gestão do espaço. Isto porque a delimitação do território está assentada nas relações de poder, domínio e apropriação nelas contidas” (GIOMETTI; PITTON; ORTIGOZA, 2012, p. 35).

A pesquisa traz como perspectiva teórica principal o debate realizado por Suertegaray (2003, p. 47), que afirma que o espaço geográfico pode ser compreendido como uno e múltiplo, pautando-se na compreensão por meio das múltiplas conexões que discorrem em diferentes conceitos. Dessa forma, a autora apresenta a “paisagem, região, território, lugar, redes e ambiente”. O que a autora compreende como múltiplo dentro do todo é a ideia setorizada representando a visão analítica do pesquisador sobre o objeto de estudo. Ou seja, a “possibilidade de diferentes leituras”, se incorporando no espaço geográfico pela sua dinâmica. A mesma conclui que “o espaço geográfico pode ser lido através do conceito de paisagem e ou território e ou lugar, e ou ambiente; sem desconhecermos que cada uma dessas dimensões está contida em todas as demais” (SUERTEGARAY, 2003, p. 49).

2.2 - Paisagem geográfica

Sobre o conceito de *paisagem* predomina os conceitos tradicionais (paisagem natural e cultural). Para Humboldt, autor de grande relevância na epistemologia da Geografia, a paisagem tem duas conotações: estética e fisionômica. O autor define paisagem estética “como processo de formação-transformação” resultantes de processos e dinâmicas, frutos de uma relação entre o invisível e o empírico. E a paisagem fisionômica corresponde a experiência sobre uma objetividade e que define particularidades regionais. Tal concepção

representa uma visão não necessariamente estética, mas que “permite reagrupar e dividir regiões e dar caráter sistemático à análise geográfica” (SILVEIRA; VITTE, 2009, p. 6).

Na Geografia clássica (século XIX) o entendimento de paisagem por Ratzel e Ritter vislumbrava o elemento antropogênico. Ambos os autores afirmavam que o conceito aplicado por Humboldt era resultante da desvinculação entre o homem e a natureza (SCHIER, 2003).

A paisagem, considerada hoje como umas das categorias de análise geográfica, é entendida como uma análise horizontal do espaço natural e geográfico. Assim, compreende-se que a paisagem se define como um “produto visual de elementos visuais e sociais” (MAXIMILIANO, 2004, p. 83).

Santos (2002, p. 67), em consonância com as ideias do autor acima, afirma que “a rigor, a paisagem é apenas a porção da configuração territorial que é possível abarcar com a visão”. O autor amplia tal definição e compreende que a paisagem exprime heranças de sucessão sobre a terra entre o homem e a natureza. Neste sentido, refere-se ao termo como algo mais estático e conclui que diferente da paisagem, “o espaço são essas formas mais a vida que as anima”.

Alguns autores discordam da ideia de que a paisagem seja simplesmente análise horizontal do espaço. Ab’Saber (2003) discute em suas análises a herança de processos fisiográficos e biológicos que marcaram ações antigas e que foram transformados por processos recentes (como, por exemplo?...) que tem atuado sobre o espaço. Na concepção do autor, a ideia de paisagem como fenômeno observável perde o sentido quando entende que existiu sobre o espaço a ação de patrimônios coletivos de povos, de herança, que no decorrer do tempo transformaram-no.

O referido autor afirma em entrevista (sobre suas obras que colocam em discussão as paisagens brasileiras) que a “paisagem é uma herança a ser deixada para as futuras gerações” e discute o comportamento da paisagem com vários aspectos naturais (relevo, geomorfologia, clima e hidrografia) e as ações antrópicas (MODENESI-GAUTTIERI et al. 2010, p. 14).

Desta forma, entende-se que a paisagem é uma “realidade viva”, que na ciência geográfica, trata-se de um “tecido ecológico que recobre a superfície das terras emersas”,

transformando-se no tempo pela ação humana (CONTI, 2014, p. 240). Conforme o autor, a paisagem representa maior complexidade em relação a outras categorias da Geografia, isto por causa da complexidade que representa o estudo da dualidade implícita na paisagem. Além disso, acrescenta que não há como entender os aspectos da paisagem natural sem a análise das transformações realizadas pelos sujeitos sociais.

Ampliando as reflexões existentes no pensamento crítico sobre o conceito de paisagem, Bertrand (2004) propõe que a paisagem:

É o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, em uma determinada porção do espaço, de elementos físicos, biológicos e antrópicos, os quais, reagindo dialeticamente, uns sobre os outros fazem dela um conjunto único e indissociável em perpétua evolução (BERTRAND, 2004, p. 141).

O autor afirma que a paisagem é possível ser estudada a partir do conceito de geossistema, com isso seus componentes de estudo compreendem o potencial ecológico, a exploração biológica e a ação antrópica (BERTRAND, 2004).

Do ponto de vista sobre geossistemas, alguns autores estudam a paisagem de modo a compreender vários aspectos. Conti (2014) reflete sobre a diferença das paisagens e compreende-a como “produto de convergência de processos atmosféricos, geomorfológicos, hidrológicos e antrópicos”, por isso apresenta a diferença da paisagem em relação ao clima:

Os quentes e úmidos, por exemplo, manifestam exuberante biodiversidade, caudalosos cursos d’água e processos geomorfológicos muito ativos, ao contrário do que ocorre nas áreas frias onde predomina a criosfera e há pobre presença da biosfera. [...] As regiões de clima dito “temperado” ou de média latitude, para usar uma expressão mais apropriada, geograficamente, apresentam paisagens pouco agressivas e adaptadas à dinâmica sazonal onde ocorre a sucessão regular das estações do ano (CONTI, 2014, p. 241).

Também é possível compreender a paisagem como *paisagem cultural* (categoria fixa sobre a vida humana e econômica) diferente da *paisagem natural*, abordada pela escola

alemã, que teve por precursor Alexander Von Humboldt. Ao se deparar com a análise de características gerais é necessária a leitura da paisagem natural, que influenciou os sistemas de produção e transformação sobre a vida da sociedade humana (GUERRA, 1961).

É preciso dizer que a Geografia não desassocia a análise de suas categorias, por isso seus objetos de estudo permeiam os aspectos culturais e naturais, que a análise da paisagem não ocorre verticalmente, fazendo uma reflexão sobre “a natureza ocupada pela sociedade e por ela transformada, a fim de adequar-se aos imperativos da sobrevivência”. Conforme reflexões críticas de Ab’Saber, “a paisagem é entendida como a integração no tempo e no espaço, sem descuidar dos processos genéticos de sua elaboração” (CONTI, 2001, p. 59).

Há autores que defendem a dicotomia entre as forças naturais e humanas, a exemplo Sauer (1998, p. 42), que entende que “é o homem que atua como sujeito de ação na natureza”, mencionando a capacidade de transformação e projetando duas possibilidades de formas da natureza, antes e depois da ação humana.

Claval (1999, p. 420) colabora/partilha da ideia de Sauer e expõe que diferentes forças culturais imprimem na paisagem características diferentes, “ressaltando preocupação maior com sistemas culturais do que os próprios elementos físicos” (SCHIER, 2003, p. 81). O conceito de paisagem discutido por Claval permanece influenciando pesquisadores, afirma Schier, e é entendido como:

a realização e materialização de ideias dentro de determinados sistemas de significação. Dessa forma, ela é humanizada não apenas pela ação humana, mas igualmente pelo pensar. Cria-se a paisagem como uma representação cultural. E é repensada não apenas como o resultado material de interações, mas como uma maneira específica de olhar (SCHIER, 2003, p. 81).

Rodriguez e Silva (2013) apresentam o conceito de geossistema como forma de entender a paisagem, dividindo-os em grupos e representando escalas de análise diferentes. Os geossistemas foram definidos e difundidos por Sotchava e Bertrand, autores que possuíam a visão da formação natural. Passos (2002, p. 13) afirma que o geossistema tem por finalidade naturalista a “natureza” antropizada, levando em consideração a compatibilidade com a escala humana. Como Troppmair (2004b, p. 8 apud SILVA, 2008, p.

168), que afirma que o geossistema é a própria paisagem vista como sistema. Tais concepções foram difundidas e utilizadas em estudos da Geografia Física. Diferente das questões políticas, econômicas e culturais, denominadas de sistema cultural (PASSOS, 2002).

Apesar de existir conceitos atualizados de *paisagem geográfica* para a definição de geossistema, esta pesquisa está de acordo com as definições de Monbeig (1957, p. 11), que a compreende como resultado de um “complexo geográfico sem confusão entre si” e como resultado indissolúvelmente dos elementos naturais e das ações humanas, compreendendo a estrutura horizontal e vertical da paisagem, completando assim o complexo. Nessa perspectiva, o autor incentiva a investigação da categoria paisagem por ser essencial na pesquisa geográfica.

2.3 - Bacia hidrográfica

A bacia hidrográfica pode ser compreendida de forma geral como um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes. Ocorre concentração das águas da chuva pela captação e escoamento superficial para as depressões, confinando-se sobre um canal, conhecido também como lençol concentrado – os rios (GUERRA; GUERRA, 1997).

Bacia hidrográfica também caracteriza-se como “conjunto das áreas com declividade no sentido de determinada seção transversal de um curso de água, medidas em áreas em projeção horizontal”. É ainda conhecida como “uma área definida e fechada topograficamente num ponto do curso de água, de forma que toda vazão afluente possa ser medida ou descarregada através desse ponto” (GARCEZ; ALVAREZ, 1988, p. 82).

Os autores Góis e Mendes (2013, p. 58) enfatizam que “uma bacia hidrográfica é composta por sub-bacias, e que cada sub-bacia pode ser interpretada como uma bacia hidrográfica”. Entende-se que a diferença entre bacia e sub-bacia está diretamente ligada à escala de análises da unidade estudada e que independentemente se é sub ou não, participam do sistema de drenagem de uma determinada região.

A bacia hidrográfica ou de drenagem são áreas da superfície terrestre drenadas por um rio principal e seus tributários. Representam a área de captação natural da água de precipitação, que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída, o exutório.

Também funcionam como um regulador de escoamento, pois transformam a entrada do volume concentrado de água por meio de precipitação em saída do corpo aquoso gradativamente mais distribuída no tempo (SILVEIRA, 1993).

O referido autor também caracteriza bacia hidrográfica como área de captação natural de água pluvial, que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída. É formada por um conjunto de superfícies vertentes e uma rede de drenagem composta de vários cursos de água, que se unem para formar um canal principal. É também um sistema físico que contribui para a entrada de certa quantidade de água precipitada e para a saída do volume de água que passa pelo exutório, tendo perdas intermediárias dos volumes evaporados, transpirados e infiltrados (SILVEIRA, 1993).

Leopold (1971, p. 73) afirma que bacia hidrográfica “corresponde a uma unidade natural”, que representa um recorte sobre a superfície de terra e definida pelo próprio escoamento superficial. Entende-se que a formação ou evolução de uma bacia hidrográfica advém de interferências que acontecem no espaço com o decorrer do tempo, resultantes dos próprios eventos e interações da água e outros elementos naturais, a exemplo, clima, vegetação, material de origem e topografia.

Stevaux e Latrubesse (2017, p. 57) conceituam bacias hidrográficas não somente por redes de drenagens, mas também pela “captação de águas pluviais e ou de descongelamento de neve, que podem advir de fluxo superficial por vias de canais ou não fluxo subterrâneo”. Os autores consideram que esta geoforma é a principal unidade em destaque nos estudos de Geomorfologia fluvial. O que difere em seus aspectos decorrentes da localização, relevo acidentado e substrato rochoso a planícies, que nesse último exemplo, as águas superficiais se comunicam com as águas subterrâneas.

Segundo Guerra e Guerra (1997) todas as bacias hidrográficas possuem uma hierarquização, que incidem normalmente partindo de áreas mais altas até áreas mais baixas. Conforme os autores, bacia hidrográfica possui sinônimo definido de *vale*. E o referido conceito também compreende dinamismo, que devido questões climáticas/erosão a divisão das águas sobre as bacias podem alargar ou diminuir a área desta geoforma.

Os rios são amplos cursos de água doce com fluxos permanentes ou sazonais confinado em canais definidos, que escoam para outros rios ou direto para o oceano. Possuem a capacidade de erosão, transporte e deposição de partículas sedimentares, de

modo que são considerados agentes de transformação da paisagem (RICCOMINI et al. 2003).

Para Christofolletti (1999) e Cunha (2008), as atividades humanas ligadas ao uso da terra interferem de forma direta sobre as características do ciclo hidrológico nas bacias hidrográficas. Os impactos são de diferentes hierarquias, que afetam a quantidade e a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, provocando mudanças significativas na evaporação, no balanço hídrico, na frequência das secas e cheias, entre outras.

Cunha (2008) considera que a bacia hidrográfica é uma unidade geomorfológica importante por agrupar e interagir vários fatores, tais como, bióticos, abióticos, econômicos e sociais. As bacias hidrográficas interagem numa visão de conjunto, ressaltando-se assim as condições naturais e atividades humanas nelas desenvolvidas. Intervenções expressivas, principalmente de origem antrópica, em qualquer parte de uma bacia, podem gerar alterações, cujos impactos serão transferidos a jusante, influenciando no fluxo energético e na dinâmica fluvial.

Para este trabalho considera-se o conceito de bacia hidrográfica trazido pelos autores Cunha e Guerra (2008, p. 229), que o denominam de bacias de drenagem por ser “uma área da superfície terrestre que drena a água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial”. De acordo com os autores, os limites da bacia vão até os pontos mais altos caracterizados como divisores de águas. Ambos afirmam que a composição da bacia de drenagem ocorre pela atuação em conjunto de “encostas, topos ou cristas e fundos e vales, canais, corpos de água subterrâneos, sistemas de drenagem urbanos e áreas irrigadas, entre outras unidades espaciais” (CUNHA; GUERRA, 2008, p. 251).

2.3.1 - Rio Paraguai

Segundo Silva e Abdon (1998) o rio Paraguai superior (montante) compõe importante porção da Bacia do Alto Paraguai. Souza (2012) destaca a importância do rio Paraguai superior para a contribuição hidráulica e sedimentar necessária para a manutenção do Pantanal em escala local e também da bacia de captação (decorrente da sua forma de anfiteatro).

Os autores Grizio, Souza-Filho e Assine (2011) caracterizam o Paraguai superior como:

Um segmento compreendido entre as suas nascentes e a foz do Rio Juru, que possui cerca de 497 quilômetros de extensão. A nascente do Rio Paraguai encontra-se a 435 metros de altitude e o canal é erosivo nos primeiros 140 quilômetros, intervalo em que o rio corta o relevo de cuevas da Serra do Amolar e chega quase até à confluência do Rio dos Bugres, na cidade de Barra do Bugres, a 140 metros de altitude, onde se torna um rio de planície (GRIZIO; SOUZA-FILHO; ASSINE, 2011, p. 72).

O Pantanal está inserido na Bacia do Alto Paraguai, afirma os seguintes autores: Ab'sáber (2006); Souza, Lani e Sousa (2009); Silva e Abdon (1998). E faz parte do Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai, diz (1997), Assine (2010). Portanto, cabe ressaltar a importância desta geofoma.

Souza (2012) afirma que o rio Paraguai é o principal tronco de drenagem da bacia hidrográfica do Alto Paraguai e é considerado um dos rios de maior importância sobre planícies no Brasil, pela sua participação relevante na manutenção do Bioma Pantanal. As nascentes do Paraguai estão sobre a cota altimétrica de 480 metros, situadas no Planalto dos Parecis, localizado no município de Diamantino. E segue em direção ao Sul até a confluência com o rio Paraná, na altura da cidade de Corrientes, na Argentina.

Segundo Cunha e Guerra (2009), o rio Paraguai possui extensão total de 2.070 km, nasce no planalto central e após curto percurso penetra no Pantanal. Em certos trechos, separa o Brasil da Bolívia e Paraguai e drena terrenos dos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. São seus principais afluentes pela margem esquerda, os rios São Lourenço, Taquari, Miranda e Apa, e pela direita, os rios Juru e Manso.

O rio Paraguai e seus afluentes são de extrema importância por formarem “uma unidade de sedimentos do Pantanal mato-grossense”, dentro de uma depressão tectônica, que compõe uma grande zona úmida tropical que possui ampla diversidade (LEANDRO; SOUZA; NASCIMENTO, 2014, p. 297).

Conforme Souza (2012), os principais afluentes do rio Paraguai superior são os rios Cabaçal, Juru e Sepotuba, que desaguem na margem direita e contribuem com o transporte e deposição de sedimentos. Sobre o rio Juru, destaca-se a diversidade de padrões de canal em todo o curso, bem como vasta planície de inundação, denominada de

Pantanal Corixo Grande-Jauru-Paraguai. O Sepotuba, que está a montante dos outros dois rios citados, possui planície de inundação limitada, forçando assim maior contribuição hidráulica para o rio Paraguai (SOUZA, 2012).

Hamilton (1994), ao fazer em sua pesquisa um levantamento de dados sobre as características biogeoquímicas de corpos hídricos no Pantanal, afirma que o rio Paraguai é o mais profundo da região e os seus tributários tendem a ser mais rasos, até mesmo próximo à confluência com o rio Paraguai. As baías e lagos sobre a planície de inundação ao longo do curso do rio Paraguai não conseguem atingir a sua profundidade, embora são capazes de reter e manterem-se alagadas mesmo no período de seca.

O rio Paraguai em toda a sua extensão suporta a navegação, dependendo do tamanho/calado da embarcação, atividade que deu início através de canoas feitas de troncos de árvores. Por volta de 1995 a implementação da hidrovia Paraguai-Paraná viabilizou a navegação de barcos de maior porte. O objetivo era o escoamento de grãos através dos rios Paraguai e Paraná, com parada no porto de Nueva Palmira – Uruguai. Entretanto, esta viabilidade econômica ocasionou impactos graves nos ambientes aquáticos e nichos do bioma Pantanal (SOUZA, 2012).

A ocupação nas áreas de planalto do Paraguai superior tem sido um dos causadores de pressão ao aceleramento de erosão e desordem ambiental. Tal fato é impulsionado pela falta de planejamento ao captar a água para o consumo nas cidades próximas do rio. Do mesmo modo, ocorre com o tratamento de resíduos antes de serem devolvidos ao rio. Curtumes, frigoríficos e resíduos líquidos domésticos, industriais e comerciais são exemplos de ações de despejo que vêm ocasionando a morte de peixes, alterando a turbidez da água e o cheiro do rio Paraguai (BUHLER; SOUZA; JUNIOR, 2014).

De acordo com o Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (Pantanal) - PCBAP, a Bacia do Alto Paraguai compreende uma extensão de 396.000 km², que abrange o sul do estado de Mato Grosso e o noroeste do estado de Mato Grosso do Sul. “Limitando-se ao norte pela Chapada dos Parecis, pela Serra de Cuiabá e pelo rio Apa; a Leste, pelas serras da Bodoquena, Maracaju e São Domingos; e a oeste, pelas Repúblicas do Paraguai e Bolívia” (BRASIL, 1997, p. 97). Tais descrições e características compreendem a representação total da bacia do rio Paraguai.

2.3.2 - Descarga Sólida

Constitui descarga sólida o conjunto de sedimentos transportados na coluna d'água. Segundo Marcondes (2011, p. 7), as partículas mais pesadas (sedimentos grosseiros) “deslocam-se sobre ou junto ao fundo por rolamento, deslizamento ou saltação”, enquanto que as partículas mais leves são transportadas pela coluna d'água, a que o autor denomina de “seio do escoamento”. O autor ressalta que “estas (partículas) podem prover da bacia vertente, ou do fundo e paredes da calha, enquanto o arraste é exclusivamente constituído de material encontrado no fundo”.

Os estudos sobre descargas sólidas estão diretamente relacionados com o planejamento e tomada de decisões corretas sobre as atividades na bacia hidrográfica. Entende-se que os sedimentos carregados para a rede de drenagem estão diretamente ligados aos problemas advindos do uso da terra. “Esses problemas vão desde a erosão, transporte, deposição e compactação, além de que o sedimento em suspensão prejudica a qualidade da água para o consumo humano” (BRAGA; ROCHA; CABRAL, 2011, p. 1).

O levantamento de tais dados possibilita determinar, por meio de modelagem, o fluxo de sedimentos a partir de cálculos indiretos de transporte de sedimentos, possibilitando com isso compreender a quantidade de sedimentos que são carregados. Sobrinho et al. (2013) reafirmam a importância do conhecimento destes dados para a hidrologia, engenharia e outras áreas do conhecimento.

Gomes et al. (2009) consideram que os impactos como a perda de solo por erosão e transporte de sedimentos podem ser negativos aos recursos naturais. Ocorre que o acompanhamento deste fluxo permite um diagnóstico prévio de eventuais impactos ao longo do tempo sobre o canal de drenagem. Tais ações preventivas permitem a criação de indicadores ambientais.

Segundo Carvalho (2008), a aplicação de estudos sobre descargas sólidas é relevante para o adequado planejamento que visa controlar problemas ambientais. E o desprezo de determinado assunto pode alcançar dimensões indesejáveis para o desenvolvimento do país. O autor considera que a aplicação geral dos estudos sobre esse tema pode prover a compreensão sobre a hidrossedimentologia para manejo de assoreamento, morfologia fluvial, degradação dos solos, navegação, degradação e agradação dos canais de rios, formação de depósitos aluvionais, formação de enchentes e inundações, dentre outros

aspectos (CARVALHO, 2008).

2.4 - Pantanal Mato-grossense

2.4.1 - Definição

Compreende-se o Pantanal mato-grossense como uma “área de contato resultante da convergência de quatro grandes domínios, Floresta Amazônica e Atlântica, Cerrado e Chaco”, com inundações sazonais. Suas características físicas são compostas por áreas permanentemente alagadas, áreas de solos alagadiços durante a cheia e que não secam completamente no período de vazante, áreas periodicamente inundadas e áreas mais altas que não são imersas (MORENO; HIGA, 2005, p. 201).

Localiza-se no centro do continente sul-americano, conhecido internacionalmente por ser a maior floresta inundável e de rica biodiversidade. Diversos pesquisadores focalizam o aspecto climático devido aos processos de permuta de energia entre a extensão pantaneira e a atmosfera (BIUDES et al. 2015; MACHADO et al. 2016).

Também pode ser denominado de unidade geomorfológica e que comporta uma área de 388.995 km². Constitui uma extensa planície de sedimentos holocênicos sobre alguns blocos falhados e é considerada uma bacia sedimentar que está relacionada com o afundamento tectônico (GUERRA; GUERRA, 1997).

Ao discutir a teoria dos refúgios, Ab’Saber (2006, p. 13) afirma que o Pantanal mato-grossense é uma grande “planície de coalescência detrítico-aluvial que inclui ecossistemas do domínio dos cerrados e ecossistemas do Chaco, além de componentes dos bióticos do Nordeste seco e da região periamazônicas”.

Com uma extensão de 140.000 km² o Pantanal mato-grossense é uma das maiores áreas úmidas do mundo e cobre ao menos 2% de todo o território brasileiro, expandindo-se também para os territórios da Bolívia e do Paraguai (HAMILTON; SIPPEL; MELACK, 1995).

Os autores Junk e Cunha (2005, p. 392) observaram que o Pantanal é uma região de enorme importância, não somente ecológica, mas também socioeconômica. O regime hídrico é considerado pelos autores como peculiar, pois apresenta regimes pluviométricos sazonais distintos. Por isso, ele desempenha papel fundamental na manutenção do ciclo hidrológico e do clima de grande parte do território sul-americano, ocupando apenas 1,6% do território brasileiro. Os autores também o caracterizam de um “elo” entre o Cerrado, a

Amazônia e os Chacos, boliviano e paraguaio. Além disso, o pulso de inundação é a principal força modeladora da paisagem, por apresentar baixa infiltração e prolongadas inundações nos períodos de intensa pluviosidade.

A formação espaço-temporal dos corpos d'água no Pantanal depende do regime anual de inundação ou pulso de inundação, considera os seguintes autores: (JUNK; BAYLEY; SPARKS, 1989, MORAES; PEREIRA; CARDOZO, 2013). Tal fenômeno é proveniente do regime pluviométrico das regiões de cabeceira, afirma os autores (SMITH; BARELLA, 2000). Devido mudanças na dinâmica das águas pela oscilação da área de inundação, pode ocorrer períodos de seca, entre abril a setembro, por isso o limite é reduzido até 11.000 km². E nos períodos de cheia, entre outubro e março, pode expandir-se até 58.000 km², segundo (EVANS et al. 2014).

Conforme Corrêa Filho (1946, p. 10), o Pantanal não é sinônimo de áreas alagadas, brejos, ou simplesmente pântano. Ele é uma “vasta região antropogeográfica, de fisionomia singular, cujo relevo, vegetação e economia resultam de atividades fluviais”. Assemelha-se assim a uma “concha sulcada pelo rio Paraguai e seus tributários” e suas feições são talhadas pelo regime fluvial anual de inundações, que dificultam a distinção entre canais permanentes e intermitentes.

Sobre o ponto de vista Geomorfológico, o Pantanal pertence à Depressão do Rio Paraguai por ser uma feição de planície aluvial. Apesar de haver autores que apontam diferentes áreas para o seu Bioma, nesta pesquisa é adotada a descrição dos autores Corradini e Assine (2012), que afirmam que o Pantanal possui uma extensão com área de 138.000 km² e cotas altimétricas inferiores a 200 metros. Portanto, considera-se que o rio Paraguai é o principal canal de escoamento das águas superficiais e o coletor dos afluentes circundantes, com nascentes contidas nos planaltos da bacia do Alto Paraguai, que chegam à planície do Pantanal e alimenta todo o complexo hídrico do bioma.

2.4.2 - Origem

Ab'Sáber propõe uma reflexão sobre a origem do Pantanal e afirma que foi através do reconhecimento de um cientista francês chamado Francis Ruellan descobriu-se a “existência de uma abóboda na região Centro Oeste”, que posteriormente cedeu dando “origem à Depressão do Alto Paraguai”. Tais características são definidas como uma feição

côncava, em “terrenos pré-cambrianos sobre área de fronteira entre Bolívia e Paraguai, à margem noroeste da bacia do Paraná” (ASSINE, 2010, p. 12).

Assine (2010) afirma que Ab’Saber considera que desde o final da Era Mesozoica a Depressão do Alto Paraguai foi formado em áreas dos derrames basálticos de Tapirapuã. Tal fato sucedeu entre a borda noroeste da Bacia do Paraná, que contribuía fornecendo sedimentos ao Grupo Bauru, e em paralelo, para a Bacia detrítica dos Parecis, formando os derrames supracitados.

Ab’Saber reconhece a existência de superfícies aplainadas que ocorre sobre superfícies cenozóicas, perceptíveis na participação da paisagem do Pantanal. Em paralelo com a superfície Cuiabana, de origem complexa por formato interplanáltica, como a “Depressão do Rio Paraguai e extensas superfícies aplainadas sobre rochas cristalinas pré-cambrianas”, afirma os autores (FRANCO; PINHEIRO, 1982, p. 161). Ou seja, o bioma em pauta não constitui uma superfície aplainada homogênea. As planícies do Pantanal possuem formas altimétricas que se diferem entre si, expandindo-se de 120 a 450 metros em relação ao nível do mar.

Tal processo de derramamento, ocorrido no final da Era Mesozoica modelou, segundo Assine (2010), as superfícies aplainadas do Pantanal:

A erosão do arco (abóbada) e a consequência deposição, nas áreas baixas adjacentes, de depósitos sedimentares como os do Grupo Bauru e os da Formação Parecis, fazem parte de um conjunto de processos que conduziram à geração de superfícies aplainadas, cujo modelado final ocorreu no final do Terciário. A gênese das superfícies foi consequência de taxas maiores de desnudação e deposição, relativamente às taxas de subsidência e/ou soerguimento do continente, o que implica período de estabilidade tectônica. (ASSINE, 2010, p. 466).

Tais características favorecem a biodiversidade que configuram importante feição ecológica para o estado de Mato Grosso. O mosaico florístico, que representa colonização dos quatro biomas, ocorre por predominância em relação à ocorrência endêmica que retém a menor porção florística (MORENO; HIGA, 2005).

Os autores Moreno e Higa (2005) consideram que a classificação da vegetação dentro dos limites do Pantanal, conforme o IBGE (2019, p. 74), é denominada de: “Floresta Estacional Decidual; Floresta Estacional Semidecidual; Cerrado; Contatos do Cerrado com a Floresta Estacional e a Savana Estépica; e pequenas frações da Savana Estépica com a

Floresta Estacional”. No entanto, a vegetação de Cerrado predomina no bioma Pantanal e é resultado do que caracterizam de “ilhas de Cerrado”. Ou seja, são áreas topograficamente mais elevadas, normalmente em formato semicirculares e livres de inundações. São conhecidos regionalmente como murundus, morrotes, cordilheiras e lixeiro de campões. E que são ocasionalmente ocupados para fins de policultura ou de construção de casas.

A ocupação do Pantanal ocorreu através de conflitos entre colonizadores e nativos. E o resultado deste embate foi a redução de algumas etnias e a extinção de outras. O principal motivo para a ocupação dessas terras sempre foi o desenvolvimento da pecuária, com a implantação do gado em equilíbrio com a fauna local, durante o período de duração das pastagens naturais, pois havia poucas áreas para o plantio de pasto exótico (MORENO; HIGA, 2005).

As autoras Moreno e Higa (2005) também consideram que o manejo intensivo após o processo de ocupação, com a substituição do pasto natural pelo exótico, deu-se início a alterações ambientais ocasionando a destruição de habitats naturais. Tais interferências provocou desequilíbrio ecológico, como a extinção de algumas espécies florísticas e a migração da fauna. As inserções de gado nas planícies pantaneiras também têm causado desequilíbrios nos fluxos de inundação. Isto ocorre pela fragilização do solo após o pisoteio dos rebanhos, quando partículas do solo são carregadas por meio da chuva para o tronco de drenagem principal, que se encarregam em carrear os sedimentos sobre a planície.

Sabe-se que a ocupação nas áreas de cabeceira do Pantanal Mato-grossense tem gerado impactos ambientais, não somente pela deposição de sedimentos, conforme afirmou Moreno e Higa (2005), mas sobretudo pela recepção de resíduos químicos sólidos advindos dos meios urbanos e poluentes no meio rural. A infraestrutura de desenvolvimento também é motivo de desequilíbrio para o Bioma Pantanal, seja pela construção de pontes e rodovias, que fazem a conexão de fazendas aos meios urbanas, ou pela construção de PCH, atividades de mineração, extrativismo e exploração de madeiras.

Na atualidade, as atividades econômicas que predominam no Pantanal advêm do turismo (ecoturismo) (MORENO; HIGA, 2005). uma alternativa econômica em potencial na criação de empregos e valorização regional das belezas naturais e culturais, visto também, como uma forma de desenvolvimento sustentável e promoção ao conhecimento voltado a biodiversidade (ROTTA; LUNA; WEIS, 2006).

2.4.2 - Divisões do Pantanal

Sobre o Plano de Desenvolvimento da Região Centro-Oeste foi proposto uma ação denominada “Programa Pantanal”, que dispunha de duas premissas de destaque. A definição juridicamente de que o Pantanal deve ser uma área de preservação permanente, com mapeamento do perímetro dos limites da região, juntamente com regras administrativas em relação à fiscalização ambiental. E a segunda, de constituir um plano diretor sobre o uso dos solos no Pantanal, levando em consideração as particularidades das “microrregiões”, “após caracterização e zoneamento desta região” (SILVA; ABDON, 1998, p. 1703).

De acordo com os autores Silva e Abdon (1998), a compartimentação dos pantanais surgiu através da percepção de que antes de conservar é necessário conhecer. Nesse contexto, descreve-se os pantanais com o mapeamento dessas áreas na escala de 1:5.000.000 ou 1:1.000.000, reconhecendo assim as áreas de planície intermitentemente inundadas e as áreas de contato entre planície e planalto.

De acordo com os aspectos fisiomorfológicos (regime de inundação, relevo, solo e vegetação) foram delimitadas quinze (15) sub-regiões em relação ao regime de inundação e seis (06) sub-regiões geopolíticas (influência político administrativo). Os quatro critérios mencionados foram utilizados juntos e/ou individualmente para definir o limite entre planalto/planície, sendo que os autores pontuam como aspectos mais relevantes a “inundação e o relevo”, “pois áreas inundadas são inundáveis sobre relevo plano que resultam sempre em área de Pantanal” (SILVA; ABDON, 1998, p. 1704).

Conforme Assine (2010, p. 15), o Pantanal mato-grossense está no centro da Depressão do Alto Paraguai, formando diversos pantanais e cada um com suas próprias características. O autor considera que “os diferentes pantanais são a expressão de diferentes sistemas de um amplo trato deposicional dominado por sedimentos aluviais”. Isso significa que a planície do rio Paraguai é receptora e acumuladora de águas advindas de vários megaleques fluviais e que o rio é alimentado por outros rios que possuem as suas respectivas nascentes nos planaltos localizados nas bordas da Depressão do Alto Paraguai.

O referido autor afirma que imagens de satélite permitem identificar os paleocanais sobre os megaleques fluviais que alimentam os pantanais do bioma Pantanal. São eles: ao

Norte, os megaleques do Paraguai e de Cuiabá; A nordeste, megaleque do São Lourenço; ao sudoeste, os megaleques do Taquari e do Aquidauna; A sul, o megaleque do Nabileque.

A Bacia do Pantanal é composta pela Depressão do Alto Paraguai (unidade morfoestrutural com terras bem drenadas ao norte, altitudes de 150-250 m, declividades baixas e sedimentos arenosos inconsolidados) e Planícies do Pantanal mato-Grossense (altitudes de 80 a 150 m, circundado por serras e depressões, com predominância de campos inundáveis). As singularidades destas paisagens permitiram o surgimento de outros pantanais denominados de: Pantanal de Cáceres, Pantanal de Poconé, Pantanal do São Lourenço, Pantanal do Paraguai, Pantanal do Taquari, Pantanal do Abobral/Negro, Pantanal do Aquidauana, Pantanal do Miranda, Pantanal do Nabileque e Pantanal do Porto Murtinho/Apa (BRASIL, 1997).

Os autores Souza, Lani e Sousa (2009, p. 31) consideram que as causas que justificam as subdivisões dos pantanais supracitados estão relacionadas com “as diferenças na drenagem, o material de origem (rochas calcárias, arenitos, etc), altimetrias, solos, permeabilidade dos solos e vegetação”. Os autores afirmam que existe onze pantanais, sendo eles: Cáceres (Corixo Grande-Jauru-Paraguai), Poconé (Cuiabá-Bento-Gomes-Paraguaizinho), Barão de Melgaço (Itiquira-São-Lourenço-Cuiabá), Paiaguás, Rio Paraguai, Nhecolândia, Miranda, Aquidauana, Nabileque, Abobral e Porto Murtinho (SILVA; ABDON, 1998).

É importante ressaltar que a divisão em sub-regiões da área interna da planície pantaneira, conforme os nomes mencionados, são na maioria dos casos, os consagrados pela literatura e pela população local por serem originários de nomes municipais ou distritos administrativos. Considerou-se como Pantanal, no Brasil, toda a área contínua inserida na Bacia do Alto Paraguai, sujeita a inundações periódicas inter e intra-anual (SILVA; ABDON, 1998).

Tais características também prevalece nos demais pantanais pelo fato de serem caracterizados por um processo de deposição e acumulação e diferentes tipos de sedimentos (silte, argila, areia grossa, média e fina). No entanto, a distribuição natural e espacial de acumulação dessas partículas ocorreu de forma distinta a cada fisionomia de cada unidade, afirma os autores (SOUZA; LANI; SOUSA, 2009). Ainda de acordo com os autores (2009, p. 31), “o Pantanal é um conjunto de vários pantanais, relacionados com as bacias hidrográficas dos rios que periodicamente inundam a planície”. Eles têm em comum

o fato de pertencerem à Depressão do Alto Paraguai e constituírem uma planície de acumulação de material sedimentar e detrítico.

2.4.3.1 - Pantanal de Cáceres

Segundo o PCBAP - Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (BRASIL, 1997, p. 47), a morfoestrutura do Pantanal de Cáceres é constituída, em sua essência, de “sedimentos arenosos inconsolidados e semiconsolidados da Formação Pantanal, além de filitos e quartizitos e mármores do Grupo Cuiabá, sustentando pequenos morros que despontam da planície”. E é representado por terras inundáveis sobre um perímetro que segue de Cáceres até a ilha do Caracará.

O Pantanal de Cáceres encontra-se localizado ao sudoeste do estado de Mato Grosso, ocupando a maior extensão do município de Cáceres. Segundo Aquino et al. (2017, p. 306), suas características estruturais favorecem o desenvolvimento de atividades pecuárias, que atualmente são consideradas relevantes para o “desenvolvimento” econômico da região e do Estado.

Segundo Brasil (1997) afirma que o Pantanal de Cáceres se situa entre a Depressão do Alto Paraguai e a Província Serrana, que também se expande (depois de superados essas barreiras) até a porção côncava à oeste, na fronteira entre Brasil e Bolívia, e à Leste, com o rio Paraguai, representando um arco voltado para o ocidente até a Morraria Íssua. O período de inundação é moderado e varia entre 3 e 5 meses.

Silva et al. (2012), consideram a importância dos fluxos de inundação no desenvolvimento dos processos erosivos, que ocorre sobre as margens côncavas dos meandros contidos nos corredores fluviais e deposição nas margens convexas, colaborando com a evolução morfológica. Os autores afirmam que a deposição de sedimentos pode dificultar o processo de drenagem das águas, potencializando assim o surgimento de problemas de navegação pela drenagem fraca, para a biodiversidade (peixes, capivaras, cutias, entre outros) e também causar problemas ambientais, sociais e econômicos.

Neves et al. (2009) caracterizam o Pantanal de Cáceres com área de 12.371 km², situado dentro do perímetro municipal de Cáceres, limitando ao sul com o Pantanal do Paraguai e ao Oeste com a Bolívia. O seu sistema hídrico é de extrema importância para a

manutenção deste ambiente, que é formado pelos principais rios Jauru, Paraguai e Corixo Grande (SOUZA; LANI; SOUSA, 2009).

Contudo, a sub-região fisiográfica do Pantanal de Cáceres não se limita ao município de Cáceres e estende-se incorporando áreas de outros municípios, apresentando 12.371 km² (99,66%), no município de Cáceres; 4,48 km² (0,04%), no município de Cuverlândia; e 37,08 km² (0,03%), no município de Lambari D'Oeste. Totalizando assim uma área de 12.412,56 km², de acordo com (NEVES et al. 2009).

Galvanin et al. (2014) consideram o Pantanal de Cáceres como uma sub-região do Pantanal mato-grossense, que corresponde a uma superfície de acumulação extensa, com topografia predominantemente plana e pouco ondulada, sujeita a inundações comandada pelo tronco de drenagem, o rio Paraguai.

O sistema de inundação caracteriza-se de inundação “fraca”, que intercorre sobre uma faixa estreita de planície fluvial ao longo do rio Paraguai, havendo assim a existência de feições flúvio morfológicas, a exemplo de baías, lagoas, barras de sedimentos, canais comaltados, entre outros (SOUZA; LANI; SOUSA, 2009, p. 38). Os autores também consideram que as ocorrências que determinam este ambiente de Pantanal circundam sobre o leque aluvial do Jauru e áreas alagadas temporariamente, espalhadas sobre a planície. E que a drenagem ocorre por meio de corixos e vazantes, “que não possuem ligação direta com o Rio Paraguai” (2009, p. 38).

Os corixos, termo regional, corresponde à canais naturais, com escoamento temporário, pouco profundo e relativamente estreito, que servem de conexão entre as lagoas, ou as baías e o rio Paraguai (SOUZA; SOUSA, 2009).

Ainda de acordo com os autores Souza, Lani e Sousa (2009), a formação deste Pantanal não está vinculada apenas ao processo de inundação, existe também outros elementos que contribuem para a origem destes ambientes que são temporariamente inundados, como por exemplo:

O índice de precipitação pluviométrica, declividade do terreno (inferior 1%/5 km), litoestrutura local (Formação Pantanal – areias inconsolidadas, de granulometria fina a média, intercalada por materiais sílico-argilosos favorecendo maior retenção de água) e características do solo (SOUZA; LANI; SOUSA, 2009, p. 38).

Cabe ressaltar que as principais características do Pantanal de Cáceres são suas feições morfológicas peculiares: baías, lagoas e meandros abandonados, que são abastecidos por rios, corixos e vazantes durante o período de cheia. As formas de acumulação são encontradas por terraços, diques e canais colmatados. Tais materiais depositados têm origem antiga e recente, constituindo níveis de acumulação fluvial (SOUZA; LANI; SOUSA, 2009). A classificação da vegetação do Pantanal de Cáceres dada pelo PCBAP (BRASIL, 1997, p. 47) mostra a “predominância da Savana arborizada, Savana Gramínia-Lenhosa Arborizada, e Floresta Estacional Semidecidual Aluvial”. É relevante mencionar que no Pantanal de Cáceres a existência de uma unidade de conservação, conhecida por Reserva Ecológica Taiamã, criada em 1981 por meio da lei Lei 6.902/27 de abril de 1981 (ICMBIO, 2021).

2.5 - Geotecnologia: Sistemas de Informações Geográficas e Sensoriamento Remoto

As inovações tecnológicas e de informação possibilitaram a previsão sobre mutabilidade dos complexos sociais e humanos, de usos e produtos no decorrer do tempo e sobre o espaço, permitindo com isso o controle de “decisões, um real poder sobre os outros pontos do espaço”. Assim, as Geotecnologias surgiram como uma proposta de controle centralizado e organização hierarquizada sobre os elementos do espaço, afirma Santos (2002, p. 96). O autor aponta na história dois momentos que marcou a vida humana e o conhecimento geográfico. O primeiro ocorreu através das grandes navegações, quando os navegantes se orientavam por satélites celestes com o objetivo de alcançar outros continentes. Já o segundo momento é marcado pela existência de satélites artificiais, que podem ser habitados ou não. O autor considera necessária a utilização de técnicas cartográficas e de sensoriamento remoto para registrar as alterações na paisagem sobre a resolução temporal.

Mendonça (1989, p. 11) também destaca a importância das técnicas cartográficas, que permitem maior desenvolvimento da Geografia, “em especial a Geografia física”, como todo. O autor considera que tais recursos tecnológicos possibilitam aos pesquisadores contemporâneos vislumbrar a “perspectiva de utilização social mais pragmática da Geografia”. E que a “cartografia é uma técnica importante a auxiliar estudos de Geografia”, principalmente por possuir um acervo de outras técnicas que podem subsidiar a obtenção de dados. Uma delas é o sensoriamento remoto, “capaz de fornecer à distância informações

relativas a um objeto utilizando o estudo da emissão e da reflexão dos raios eletromagnéticos no conjunto do espectro luminoso” (MENDONÇA, 1989, p. 11).

Santos (2002), considera, por exemplo, uma evolução a utilização de satélites artificiais, que tem por objetivo fotografar a superfície terrestre por meio de resposta do espectro eletromagnético, seguindo orbitas estabelecidas, a espaço de tempos regulares. Os produtos gerados (imagens) permitem, através de sua sucessão, acompanhar processos que indicam a evolução dos fenômenos.

Segundo Olaya (2011), os SIGs - Sistemas de Informações Geográficas têm a aplicabilidade para a análise do espaço por meio de leitura, visualização, edição e gestão de dados espaciais, que possibilitam interpretar os dados espaciais do mundo e de atividades humanas. Os SIGs também são capazes de executar análise de dados, como consultas de recortes espaciais, em particular, e elaboração de modelos complexos, ressaltando componentes espaciais dos dados e componentes temáticos, além de permitir o diagnóstico e esclarecimento de trechos relativos à superfície terrestre (OLAYA, 2011).

A EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária estabelece os SIGs como uma ferramenta com base de dados espaciais capaz de organizar o manuseio de informações espaciais. Sendo, portanto, um importante conjunto de ferramentas para aquisição de dados, transformações e exibição. Além disso, destaca que o Sistema captura informações sobre o espaço e sobre o tempo, armazenando para análise, checagem e manipulação (HAMADA; GONÇALVES, 2007).

Cabe ressaltar que a exibição dos dados espaciais é feita através de mapas ou cartas cadastrais e temáticos, que segundo Rosa (2013, p. 7), representa o conhecimento da superfície terrestre. O autor afirma que a Cartografia é a ferramenta que permite alcançar a exatidão, por meio da astronomia, geodésia e matemática, transformando dados conforme leis de “estética, simplicidade, clareza e harmonia”.

O autor considera que as Geotecnologias ou Geoprocessamento podem ser concebidos “como um conjunto de tecnologias distintas a coleta e tratamento de dados espaciais”. Deste modo, o mesmo apresenta a cartografia digital como sendo a utilização de computadores substituindo as ferramentas antológicas, o processamento digital de imagens, o Sistema de Informações Geográficas e o Banco de Dados Geográficos (ROSA, 2013, p. 78). E afirma que o Geoprocessamento é a integração do banco de dados com a leitura espacial automatizada:

A cartografia digital transmite a ideia de automação de projetos com o auxílio do computador e outros equipamentos conexos, enquanto que os Sistemas de Informação Geográfica transmitem a ideia de análise, modelagem e simulação desses projetos automatizados (ROSA, 2013, p. 60).

Na atualidade, devido ao avanço tecnológico e computacional pós-revolução técnico-científica, foi difundido o termo e usa-se a definição Geotecnologia para se referir a “aquisição, representação e análise de informações sobre o espaço geográfico”, afirma Dambrós:

Com a globalização, as constantes transformações ocorridas na sociedade vêm oportunizando novas práticas à medida em que a evolução tecnológica, [...]. Na mesma velocidade em que essa dinâmica evolui, o espaço geográfico incorpora novas tecnologias, se reorganiza e consolida cada vez mais o meio técnico-científico-informacional. No contexto da Geografia, a globalização juntamente com a revolução técnico-científica, possibilita o acesso a uma gama de ferramentas, conhecidas como geotecnologias, que permitem a elaboração, sobretudo de representações cartográficas mais complexas e precisas. (DAMBRÓS, 2020, p. 163).

2.6- Modelo Digital de Elevação – MDE

As formas de representar o terreno (relevo) tradicionalmente eram feitas pela avaliação subjetiva sobre disposição qualitativa, por isso era necessário objetividade do método, que requeria a intersecção e o mapeamento de certas variáveis do relevo, tais como, altitude, declividade, curvas verticais e horizontais, orientação de vertentes, entre outros. (DENT; YOUNG, 1981).

Discussões sobre redução de custos aos moldes tradicionais foram colocadas em pauta, pois alternativas como imageamento orbital e geoprocessamento significativamente demonstrava qualidade na organização da gestão de dados espaciais. Houve certa resistência quanto à qualidade de ensaios tradicionais, mas afinal foi possível alcançar um grau “aceitável de concordância”. (VALERIANO, 2005, p. 3595).

A inclusão de técnicas de sensoriamento remoto por meio de coleta de dados topográficos favoreceu o desenvolvimento do MDE - Modelo Digital de Elevação, (Digital Elevation Model - DEM). Essa tecnologia foi produzida através de sensores instalados em satélite artificial, lançado sobre a órbita do planeta. Destaca-se o SRTM (Shuttle Radar

Topography Mission), desenvolvido pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos – USGS (United States Geological Survey). O desenvolvimento do projeto foi instituído sobre a necessidade de mapeamento de porções territoriais da África, Oceania e América do Sul, afirma Valeriano (2004).

O MDE obtido pela USGS foi satisfatório a necessidade de análise do relevo. No entanto, foi utilizado para atender uma pequena escala, pois as cenas disponibilizadas na resolução espacial eram de 90 metros. Ou seja, representava 8.100 metros quadrados da superfície terrestre. Valeriano (2005) propôs junto ao INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais o desenvolvimento de um tratamento nos metadados do SRTM que resultou em um modelo digital de elevação com resolução espacial de 30 metros quadrados, equivalendo a superfície terrestre de 900 metros quadrados e com isso aprimorou o MDE em 89%.

Os autores Valeriano, Rossetti e Albuquerque (2009) consideram que a oferta dos dados SRTM para América do Sul, no ano de 2003, proporcionou maiores atividades científicas, como a compreensão de relevo e sua topografia. Além disso promoveu a popularização desses dados. Isto ocorreu pela facilidade e desenvolvimento de trabalhos em ambientes digitais e a utilização de algoritmos de SIG de forma acessível e aperfeiçoados. Os autores destacam a necessidade de validação de dados por meio de análise digital com o objetivo de padronizar os MDE.

Considera-se que o SRTM foi uma solução que permitiu aos pesquisadores condições para o desenvolvimento de um banco de dados topográficos de todo o território nacional. O projeto deste banco de dados foi definido de TOPODATA, disponibilizado e hospedado gratuitamente pelo INPE. Os autores consideram a importância desta ferramenta para demandas técnicas, com amplitude a todos os meios de conhecimento possibilitando desenvolver trabalhos de qualidade (VALERIANO; ROSSETTI; ALBUQUERQUE, 2009).

O MDE que é gerado para ser utilizado como um modelo topográfico proporcionou aos pesquisadores realizarem análises ambientais e delimitações de bacias hidrográficas. Sobre a perspectiva ambiental, os ensaios por interpolação krigagem para a construção do Modelo Digital de Elevação, comparando-o com o Inverso do Quadrado da Distância – IQD. O autor concluiu que o MDE gerado por krigagem tem um efeito “indesejado” por se tratar de suavização da amplitude altimétrica, valores máximos e mínimos, em área de relevo íngreme. Contudo, foi possível reproduzir “formas de relevo e feições de drenagem

mais realistas” em decorrência da flexibilidade dos relevos suaves a montanhosos (VALERIANO, 2002, p. 45).

O desenvolvimento também incentivou trabalhos com foco na perda de solos, como a pesquisa realizada por Araújo (2006), que utilizou a Equação Universal de Perda dos Solos (EUPS) com a inserção do MDE, objetivando criar um modelo de erosão em duas bacias hidrográficas localizadas no Maranhão. O autor afirma que os dados obtidos pelo SRTM ampliaram a inserção do sensoriamento remoto, proporcionou a definição da bacia e rede de drenagem e o refinamento de dados pedológicos.

Os dados MDE obtidos pelo SRTM também foram usados para identificação de feições no Pantanal Mato-grossense. Segundo Valeriano e Abdon (2006, p. 395), o Pantanal é um relevo extremamente baixo com declividade média de 0,08%, ou seja, é considerado plano. O Modelo Digital de Elevação proporcionou identificar feições, que segundo os autores, “raramente ultrapassam 10 m, ocasionalmente atingindo 20 m”. Isso ocorre pela cobertura da vegetação no entorno dos corpos aquosos.

Outra possibilidade que oferece é a modelagem topográfica em terceira dimensão. Valeriano e Rossetti (2008) enfatizam em suas pesquisas o processamento dos dados em baixo relevo, com ocorrências de paleocanais. O estudo dos autores motivou a modelagem dessas feições sobre uma perspectiva paramétrica.

Conforme apontado, o avanço tecnológico e computacional permitiu evolução e novas práticas de pesquisas para captação de dados. O desenvolvimento de novas técnicas para coletar a altimetria da superfície terrestre obteve ganhos relevantes com o sensor PALSAR, que se encontra inserido no satélite ALOS após ser lançado em órbita no ano de 2006. O equipamento permite “precisão no monitoramento da cobertura vegetal, desastres e levantamento de recursos naturais”. A obtenção dos dados é gratuita possuindo as correções ortogonal e “projetados no sistema UTM WGS84”, com resolução mista (alta e baixa) de respectivamente 30 a 12,5 metros de resolução espacial. (MACÊDO; SURYA, 2018, p. 49)

2.7 - Software 3D

A utilização de softwares 3D para pesquisas em diversas áreas do conhecimento apresenta crescimento devido à existência de diversos modelos que podem ser criados para representação geomorfométrica de análises da superfície topográfica. Tais variáveis

morfométricas são descritas como curvatura horizontal e vertical, curvatura máxima e mínima e área de captação. (FLORINSKY; FILIPPOV, 2017). Os respectivos autores desenvolveram modelos que puderam representar virtualmente a morfometria dos globos de Marte e da Lua, com foco na paisagem territorial, que permite a visualização dos globos 3D multi-scala distribuída em datas sobre multi-camadas.

Pesquisas de aplicações morfológicas em 3D também se expandem na Ciência Biológica. Os autores Eulitz e Reiss (2015) afirmam que análises estruturais que fazem uso de modelos em três dimensões têm sido realizadas na ciência biológica. E que a reconstrução de superfícies em 3D tornou-se uma ferramenta indispensável para a estrutura de análises em diferentes campos do conhecimento científico e técnico.

Os softwares 3D se desenvolvem com maior capacidade e fidelidade na representação de objetos. Isso ocorre pelo desenvolvimento de câmeras de celulares com capacidade de fotogrametria óptica. Ou seja, de maior qualidade na aquisição de dados que servem de subsídios no ato da modelagem e desenvolvimento da estrutura em 3D. Para a modelagem é necessário a captura de imagens em diferentes ângulos, que importados para o software auxiliam na confecção da malha/modelo 3D. (EULITZ; REISS, 2015). Os autores ressaltam as vantagens de softwares 3D, como o baixo custo e/ou até mesmo gratuitos. Tais softwares também possibilitam a conversão de malha de um objeto em modelo volumétrico, permitindo a representação física com impressão da superfície em 3D.

As aplicações cartográficas e o desenvolvimento digital vêm permitindo aos pesquisadores à integração de softwares de análise espacial (SIG) e softwares 3D, entre outros, que possibilitam controle e simulação de variáveis em testes, como por exemplo, avaliar o comportamento do ambiente mediante a topografia e morfologia de um recorte espacial (NÓBREGA; SILVA, 2016).

Nóbrega e Silva (2016) também afirmam que é possível construir um modelo digital de terreno utilizando o MDE para averiguar uma sequência e variação de inundação em relação à altura da água. Ou seja, para testar padrões de enchentes no tronco de escoamento fluvial do Pantanal mato-grossense, o rio Paraguai.

As técnicas tridimensionais concebem a “modelagem do território em diferentes escalas, que incluem levantamentos cartográficos e a utilização de meios tradicionais de coleta de dados topográficos, com utilização de VANTs - (Veículo Aéreo Não Tripulado)”. A

reconstrução da superfície também pode ser resultado de utilização de scanners terrestres 3D e técnicas fotogramétricas utilizadas por vários softwares tridimensionais. (MORENO et al. 2015, p. 128).

Outras utilidades para aplicações tridimensionais são denominadas de modelo tangível da paisagem. Segundo Harmon et al. (2018, p. 5), a utilização de scanner de superfície 3D permite a utilização de realidade aumentada sobre uma caixa de areia. Esta interface tangível permite a modelagem geoespacial. O objetivo é interpretar a modelagem do terreno esculpida sobre a caixa de areia, digitalizando pontos de controle espacial, área, volumes e códigos e/ou marca de cores, irregularidades do terreno e blocos de construções. Posteriormente, ocorreu a interpretação do sensor pelo processamento da superfície, resultando na computação geoespacial sendo projetada de volta no modelo físico, que é a caixa de areia. Portanto, o autor concluiu que a utilização dos SIG, somados a aplicações em três dimensões, torna-se assim uma ferramenta “poderosa” para a representação geoespacial de eventos distintos.

As interfaces tangíveis são “designadas para fazer interações com computadores de forma fácil e mais natural pela manifestação de dados digitais” para que os usuários possam compreender a intercâmbio do meio geoespacial com o computacional, compreendido pela alteração da superfície da caixa de areia. (HARMON et al. 2016, p. 647).

Representações de ambientes geoespaciais através da utilização de diferentes tipos de modelos tridimensionais têm sido objetos de pesquisas em áreas como o geográfico, o cartográfico e o topográfico, desde 1960. Tais estudos podem ser entendidos como mapas em modelos 3D compostos por texturização 3D e modelo de objetos. Também podem ser usados para representação de perímetros urbanos e ambientes naturais. Os mapas em 3D possuem vantagens sobre os mapas 2D, especialmente pelo uso da navegação de orientação e por ser mais rápido se comparado com os mapas tradicionais. Outra vantagem refere-se à representação de objetos naturais e geográficos, que se tonam mais fáceis o reconhecimento no mundo real. (VIRTANEN et al. 2015).

Contudo, Harmon et al. (2016) consideram que a modelagem, análise e simulação geoespacial ofertada pelas aplicações computacionais em 3D podem ser desafiadoras, pois necessitam de treinamentos e alta abstração de pensamento.

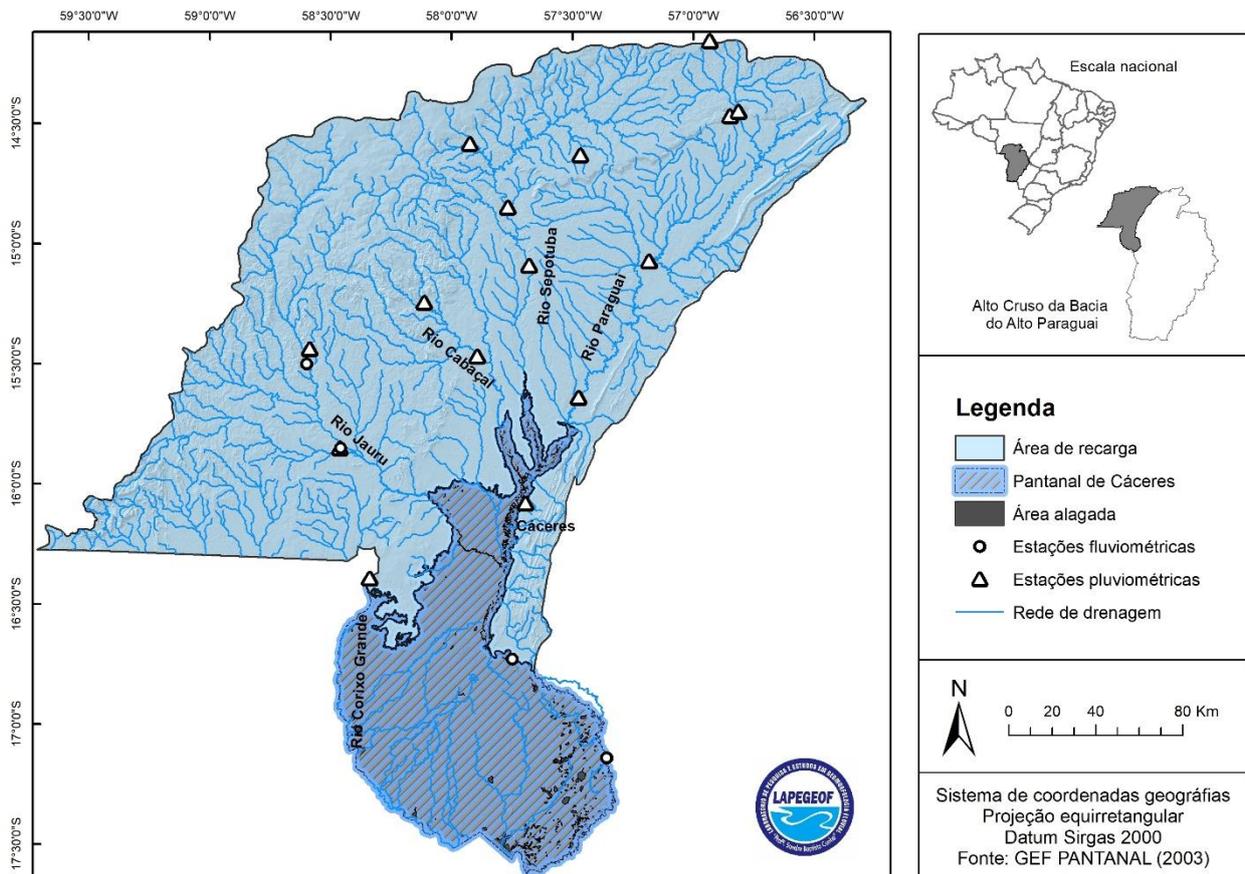
CAPITULO III

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

A área de estudo corresponde a Bacia do Alto Paraguai, localizado no estado de Mato Grosso, e é dividida em duas unidades: área de recarga (planalto e depressão) e o Pantanal de Cáceres. A área de recarga possui 61.105 km² e o Pantanal de Cáceres abrange 12.412,56 Km² (Figura 1).

Figura 1 - Localização da área de estudo na Bacia do Alto Paraguai

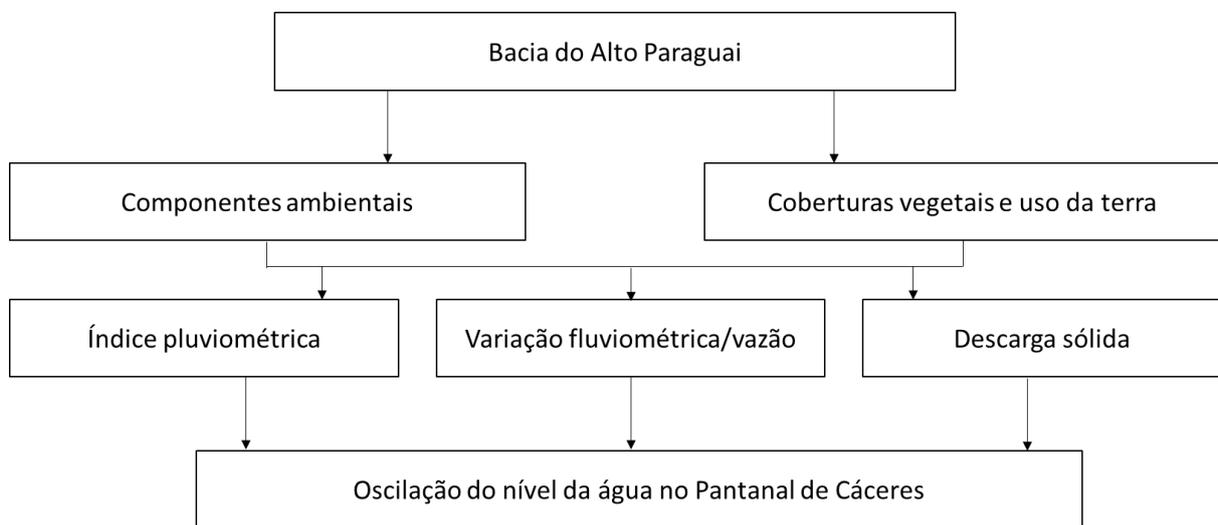


Elaboração: o autor (2020).

3.2. - Procedimentos metodológicos

A pesquisa foi desenvolvida em duas etapas. Na primeira, obteve-se informações sobre os seguintes componentes ambientais: usos e coberturas da terra, variação pluviométrica, vazão e descarga sólida da área de recarga (planalto e depressão) e do Pantanal de Cáceres, na Bacia do Alto Paraguai. E na segunda etapa, obteve-se informações sobre as oscilações dos níveis da água do Pantanal de Cáceres, conforme indicado na (Figura 2):

Figura 2 – Apresentação da sequência da pesquisa



Elaboração: o autor (2020).

3.2.1 - Primeira etapa: área de recarga na Bacia do Alto Paraguai

3.2.1.1 - Caracterização das condicionantes geoambientais (geologia, geomorfologia e pedologia) na Bacia do Alto Paraguai

Realizou-se o levantamento das condicionantes geoambientais geológicas, geomorfológicas, solo, usos e coberturas da terra na Bacia do Alto Paraguai, com base em informações de mapeamento do Projeto CRPM (geodiversidade), BRASIL (1982) e SEPLAG (2011). E a base de dados e vetorial foram realizados por meio dos sites do IBGE

(Geociências), ANA (HIDROWEB) e INMET.

As informações geológicas foram obtidas através de dados vetoriais atualizados do CPRM, projeto denominado de “geodiversidade”, na escala de 1:2.500.000, publicado em 2006. Os dados geomorfológicos foram definidos com base em levantamentos realizados pelo Projeto RADAMBRASIL (BRASIL, 1982) e através de dados vetoriais atualizados do IBGE (Geociências), na escala de 1:250.000. Os dados de solo foram levantados a partir da base de dados da Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão – SEPLAG/MT.

3.2.1.2 - Tipos de usos e coberturas da terra na Bacia do Alto Paraguai

Os tipos de cobertura e usos da terra ao norte da Bacia do Alto Paraguai foi confeccionado utilizando a base de dados "Geociências" do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

A obtenção da malha vetorial de uso e cobertura por meio do Geociências foi realizada seguindo passo a passo o diretório no segmento *download*, inicialmente na aba informações ambientais, posteriormente, selecionando as descrições de subpastas: *cobertura_e_uso_da_terra => uso_250mil => vetores => unidades_da_federacao => mt => MT_uso_250mil.zip*. O referido arquivo está datado de última atualização em 06 de agosto de 2018, às 13:42h. Possui tamanho de 187 mb, que permite cobrir toda a extensão do Estado de Mato Grosso. Posteriormente, a mesma malha foi cortada pela função *clip*, desta vez sobre a área de estudo Pantanal de Cáceres. O tratamento final dos respectivos dados foi sistematizado conforme Manual Técnico de Uso da Terra. (IBGE, 2013, p. 151).

3.2.1.3 - Variação pluviométrica

Para compreender a influência e contribuição hídrica da Bacia do Alto Paraguai necessitou levantar informações sobre as estações pluviométricas distribuídas na bacia através de consultas na plataforma HIDROWEB, da ANA - Agência Nacional das Águas e também no INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, obtendo-se assim a localização das estações e os metadados, exemplificados na (Tabela 1). Os dados de localização geográfica e os índices pluviométricos anuais (máximo, médio e mínimo) foram tabulados em planilha (.dbf).

Tabela 1 - Estações Pluviométricas do Pantanal de Cáceres

Número	Estações	Código	Latitude (S)	Longitude (W)
1	Alto Jauru	1558004	15°26'24"	58°35'16"
2	Arenópolis (Canaã)	1456001	14°28'09"	56°51'00"
3	Barra do Bugres	1557001	15°04'27"	57°11'07"
4	Barranquinho	1557003	15°38'31"	57°28'30"
5	Cáceres (DNPVN)	1657003	16°04'54"	57°41'39"
6	Colônia Rio Branco	1558000	15°14'43"	58°06'47"
7	Destacamento da Corixa	1658000	16°23'39"	58°20'20"
8	Nortelândia	1456003	14°27'03"	56°48'51"
9	Parecis (BR-364)	1456009	14°09'23"	56°55'59"
10	Ponte Cabaçal MT-125	1558001	15°28'09"	57°53'39"
11	Porto Esperidião	1558005	15°51'06"	58°27'46"
12	Próximo Ilhoca	1457004	14°35'04"	57°55'30"
13	São José do Sepotuba	1557005	15°05'33"	57°40'49"
14	Tangará da Serra	1457001	14°37'55"	57°28'06"
15	Tapirapuã	1457000	14°51'02"	57°46'04"

Elaboração: o autor (2020).

Os dados pluviométricos foram importados *software* Arcgis 10.1 (ESRI, 2012). Após a leitura, a interpolação foi executada seguindo a metodologia descrita por Nogueira e Amaral (2009, p. 4120). Utilizou-se o interpolador inverso da distância (IDW), configurando os mais próximos como semelhantes entre si e os mais distantes o de maior peso, conforme Jakob e Young (2006, p. 8), por meio da seguinte equação:

$$\hat{Z}(S_0) = \frac{\sum_{i=1}^N V_i Z(S_i)}{\sum_{i=1}^N V_i} \quad (1.1)$$

onde:

$\hat{Z}(S_0)$ valor a ser predito para o local S_0 ;

N número de pontos observados a serem usados ao redor do valor a ser predito;

V_i pesos colocados para cada ponto observado a ser utilizado;

$Z(S_i)$ valor observado no local S_i .

A fórmula para determinar os pesos é a seguinte:

$$V'_i = V' \frac{d_{i0}^{V'p}}{V' d_{i0}^{V'p}}; \text{ sendo } V'_{iV'1} = V'_i = V' = 1. \quad (1.2)$$

Na medida que a distância aumenta, o peso é reduzido por um fator de “p”.

d_{i0} distância entre o local predito, S_0 , e cada um dos locais observados, S_i .

Os pesos dos locais observados a serem usados na predição são ponderados. E sua somatória é igual a 1.

3.2.1.4 - Variação fluviométrica/densidade de drenagem/descarga sólida do rio Paraguai

Para obter a variação fluviométrica da Bacia do Alto Paraguai utilizou-se de informações das Estações Fluviométricas situadas na bacia e que se encontram disponíveis na ANA, no portal HIDROWEB (BRASIL, 2019). Utilizou-se também dados sobre os níveis da altura do rio Paraguai, disponibilizados pela Agência da Marinha do Brasil, em Cáceres. Os dados foram sistematizados numa planilha para identificar a média de inundação no Pantanal sobre os índices fluviométricos anuais extremos, normais e baixos, conforme indicado na (Tabela 2).

Tabela 2 - Estações Fluviométricas do Pantanal de Cáceres

Número	Estação	Código	Latitude (S)	Longitude (W)
1	ÁGUA SUJA	66071400	15°30'00"	58°36'00"
2	PORTO ESPERIDIÃO	66072000	15°51'00"	58°27'36"
3	DESCALVADOS	66090000	16°43'48"	57°45'00"
4	PORTO CONCEIÇÃO	66120000	17°08'24"	57°21'36"

Elaboração: o autor (2020).

Densidade de drenagem

A obtenção/elaboração do mapa de densidade de drenagem da Bacia do Alto Paraguai foi realizada através da inserção e recorte da rede de drenagem. Foram

selecionados todos os registros (rios) presentes na tabela de atributos do mesmo, sucedendo a mesclagem dos registros em um único item. Posteriormente, utilizando o SIG ArcGis 10.1 foi executado o seguinte diretório: ArcToolbox -> Spatial Analyst Tools -> Density -> Line Density.

O processamento dos dados seguiu a avaliação de parâmetros por experimentos. Ou seja, definiu-se o tamanho do pixel (200) e o raio de proximidade das linhas de drenagem (12.000), que apresentaram as seguintes respostas de densidade: 0 – 0,05 (baixa), 0,05 – 0,13 (média), 0,13 – 0,22 (alta) e 0,22 – 0,30 (muito alta). Portanto, o primeiro intervalo foi de 0,05, enquanto que os demais foram de 0,08. Os respectivos intervalos foram escolhidos por representarem a realidade descrita pelos autores Souza (2012) e Leandro (2015).

Descarga sólida

Para mostrar a descarga sólida que chega ao rio Paraguai e ao Pantanal de Cáceres usou-se a base de dados disponível no *site* da ANA e o banco de dados do LAPEGEOF - Laboratório de Pesquisa e Estudos em Geomorfologia Fluvial, “Dr^a Sandra Baptista Cunha”. Deste modo, o processamento dos dados pelo método de descarga sólida em suspensão na amostragem mostrou-se pontual em várias verticais. Os dados das amostragens foram realizados conforme Carvalho (2008, p. 341), por meio da equação:

$$q_{ss} = \sum c \cdot v \cdot \Delta p \cdot l \quad (2.1)$$

Onde:

q_{ss} = descarga sólida em suspensão parcial, no segmento da vertical considerada;

c = concentração de sedimento no ponto;

v = velocidade da corrente no ponto de amostragem;

Δp = profundidade de influência do ponto considerado;

l = largura parcial de influência.

Usando-se o sistema métrico ($t \cdot d^{-1} \cdot m^{-1}$) a equação da medição pontual é a seguinte:

$$q_{ss} = 0,0864 \sum c.v.\Delta p.l \quad (2.2)$$

Estando a concentração em (mg.l⁻¹). A velocidade em (m.s⁻¹). E a diferença de profundidade e a largura em (m).

A descarga sólida em suspensão Q_{ss} na seção transversal é igual a:

$$Q_{ss} = \sum q_{ss} \quad (2.3)$$

A concentração média na vertical pode ser calculada como:

$$C_{mv} = \frac{q_{ss}}{0,0864 \sum v.q.\Delta p.l} \quad (2.4)$$

E a concentração média na seção transversal como:

$$C_m = \frac{Q_{ss}}{0,0864 \sum q} \quad (2.5)$$

Sendo (q) a descarga líquida parcial correspondente a cada segmento da seção.

3.2.2 - Segunda etapa - Simulação da inundação no Pantanal de Cáceres

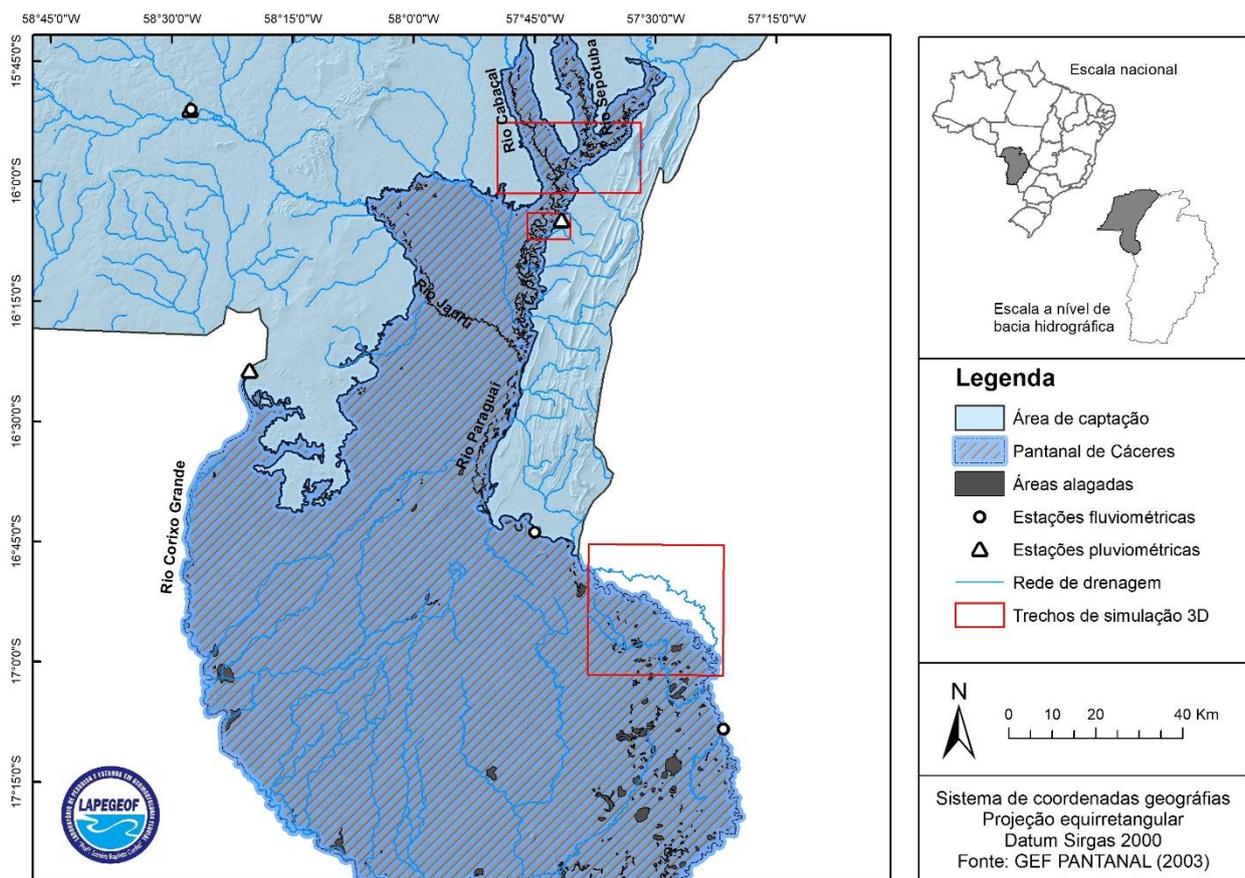
Para simular a inundação no Pantanal de Cáceres foi definido três recortes espaciais, de montante a jusante, respectivamente:

- Primeiro recorte: entre a foz do rio Sepotuba e a foz do rio Cabaçal, localizados entre as coordenadas geográficas: 15° 52' 36" a 16° 2' 44" S e 57° 31' 27" a 57° 49' 55" O. Esta área foi selecionada pelo fato de receber grande contribuição hidráulica através do rio Sepotuba e outra grande quantidade de sedimentos através do rio Cabaçal. Desde modo, objetiva-se compreender qual dos rios apresentam maior inundação no corredor fluvial e na planície de inundação.
- Segundo recorte: entre a Baía Cumprida e a Baía da Carne Seca, localizado entre as coordenadas geográficas: 16° 04' 00" S a 16° 07' 10" S e 57° 40' 41" a 57° 45' 58"

O. Esta área foi escolhida por causa de sua localização, situada no perímetro urbano de Cáceres. Possui as margens antropizadas e no período de cheia sofre, em algumas localidades, com a inundação da área urbana.

- O terceiro recorte: ao entorno da Ilha Taiamã, localizado entre as coordenadas geográficas: 16° 43' 13" S a 17° 3' 24" S e 57° 13' 0 a 57° 44' 38" O. A terceira e última área foi selecionada por se tratar de uma área de planície pantaneira, onde encontra-se localizada a reserva ecológica Taiamã, que faz limite com o município de Poconé. É alagada o ano todo e por isso é interessante observar o comportamento de inundações em diferentes períodos do ano (seca e cheia), conforme a (Figura 3).

Figura 3 - Localização dos três recortes espaciais, objeto de simulação tridimensional



Elaboração: o autor (2020).

Os períodos monitorados foram: enchentes (novembro a fevereiro), cheia (março a abril), vazante (maio a agosto) e seca (setembro a outubro), levando em consideração

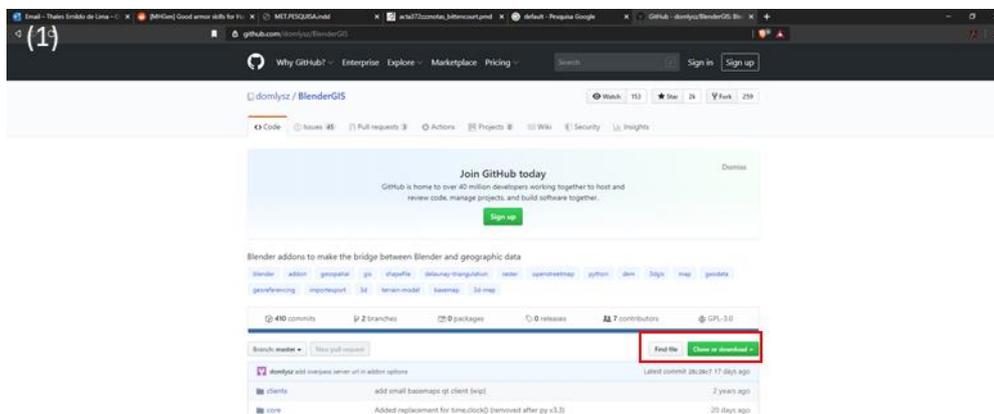
sobretudo a disponibilidade de dados de pluviosidade e fluviométrica da ANA e do INMET, para uma série temporal de no mínimo 11 anos. Os dados foram tratados por modelagem estatística para definir os níveis de inundação sazonal (mínimo, médio e máximo), sendo este último, denominado de eventos extremos.

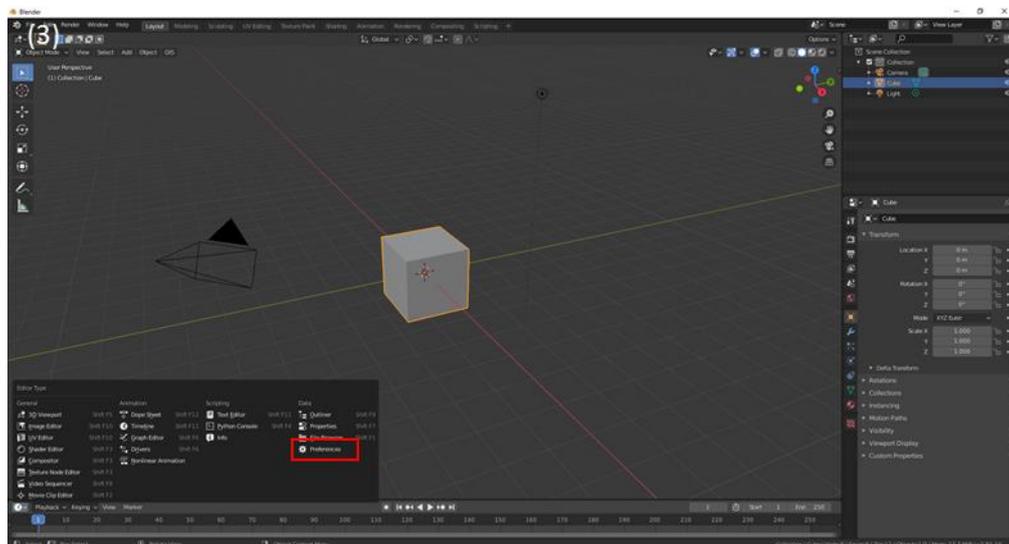
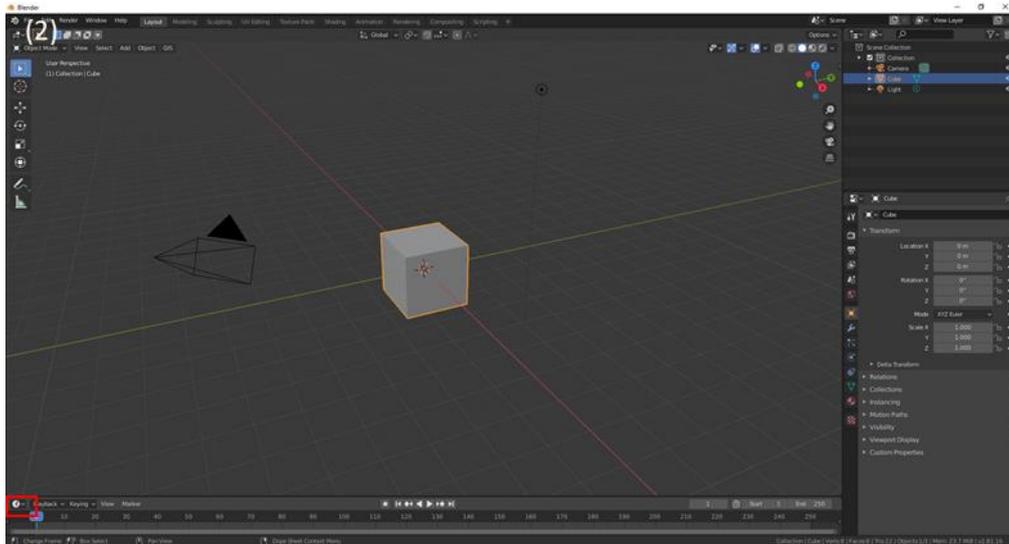
A simulação tridimensional do sistema sazonal no Pantanal de Cáceres permitiu a construção da cena e do evento de inundação, simulando assim o sistema hídrico sazonal do Pantanal de Cáceres mato-grossense. Para isso, foi utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE), elaborado pelo projeto TOPODATA (INPE, 2008), com resolução espacial de 30 m, que possibilitou a extração dos respectivos subprodutos (declividade do terreno e relevo sombreado) por meio do SIG.

Posterior à construção do plano de informação de referência (MDE), através do Blender 2.81a (*software open source* para modelagem 3D e animações), foi possível instalar e aplicar o Addon BlenderGIS, disponível no site <https://github.com/domlysz/BlenderGIS>, que permite trabalhar com informações espaciais. Deste modo, foi possível transformar um plano em cena espacial, de acordo com a (Figura 4). Para visualizar a imagem é preciso seguir os seguintes passos:

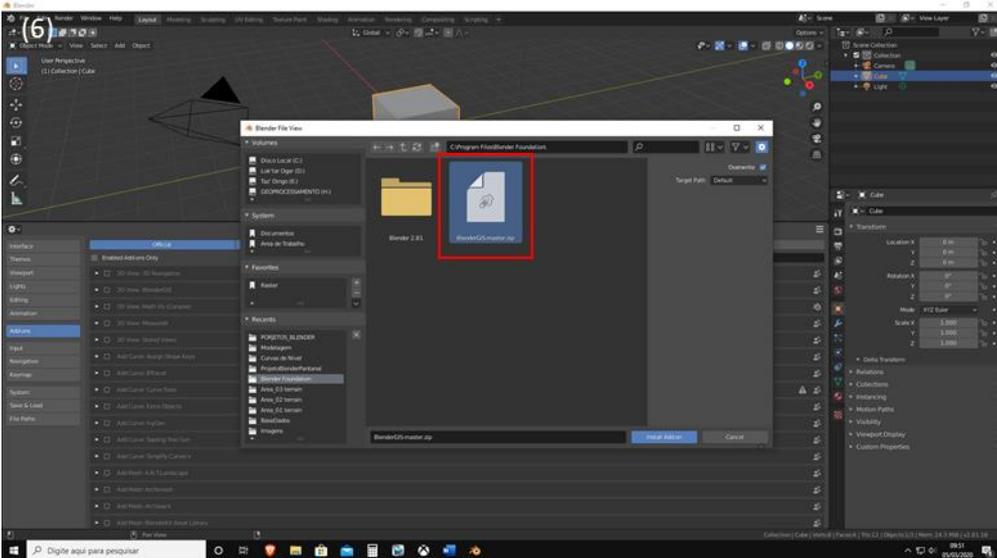
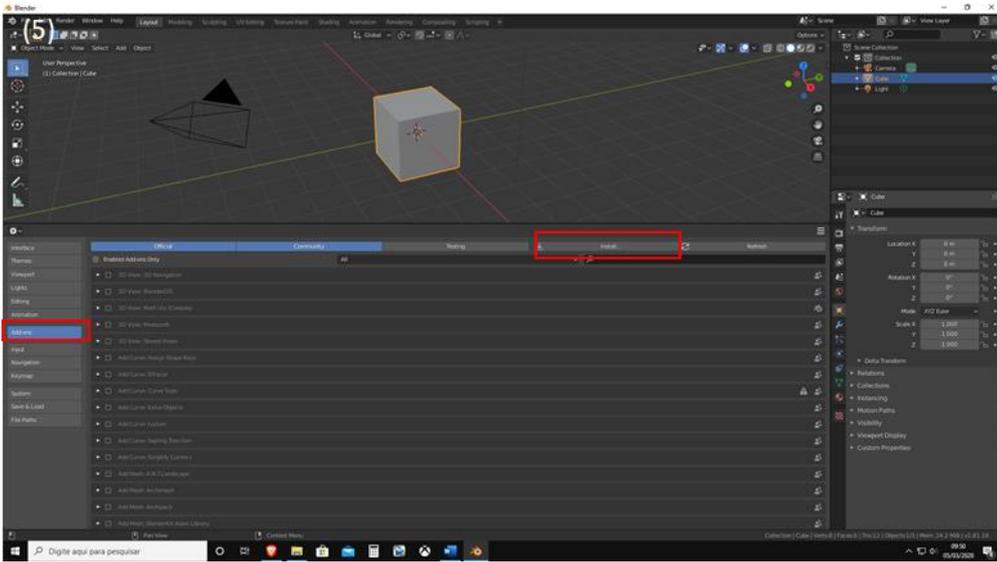
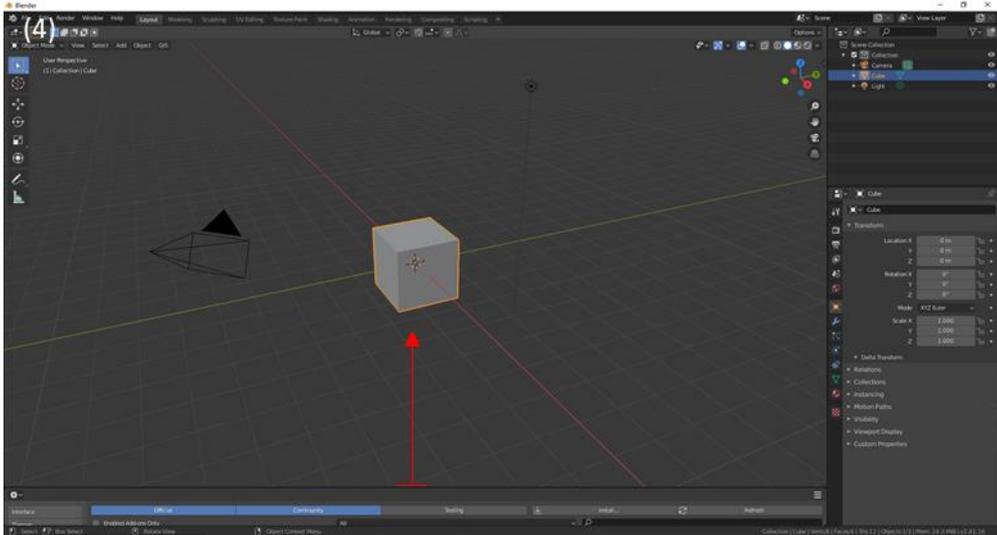
Acessar o site mencionado: <https://github.com/domlysz/BlenderGIS> e fazer o download em formato (*.zip). Salvar em pasta a critério do usuário (1). Depois de baixar o arquivo é necessário abrir o software. Em seguida acessar clicando no relógio, no lado inferior esquerdo, para ter acesso a outras opções (2). O terceiro passo é selecionar as preferências, ou seja, sua configuração (3).

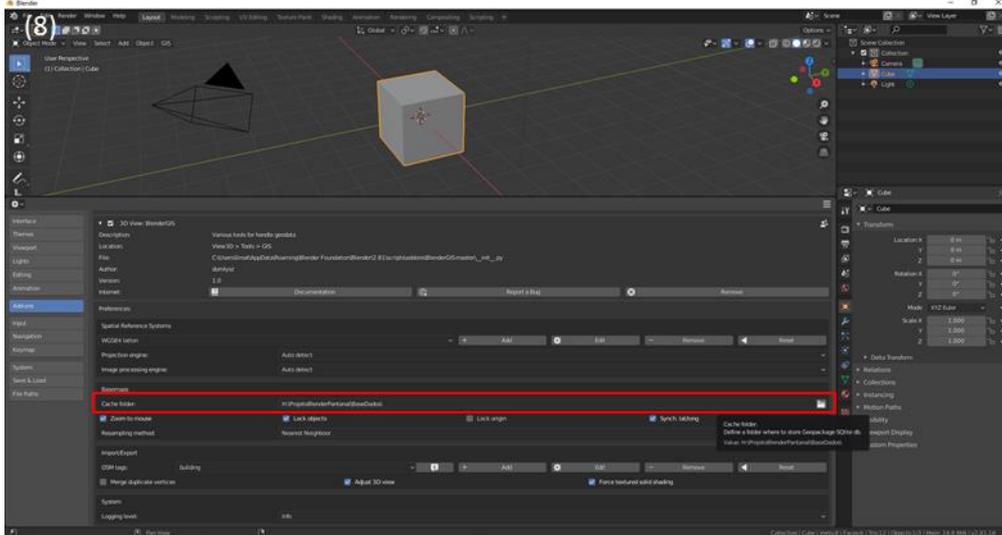
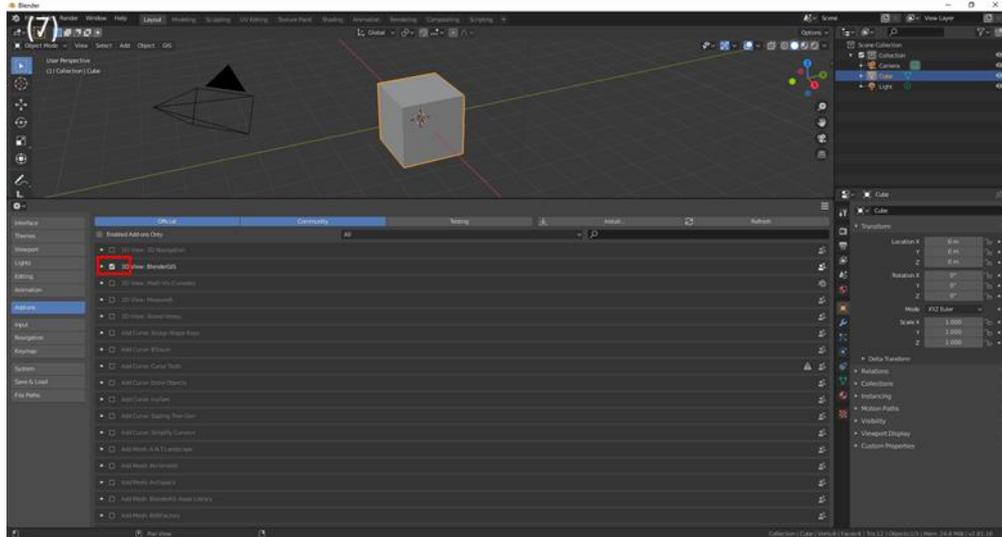
Figura 4 - Sequenciais 1 a 23, orientação para instalação, configuração e modelagem espacial



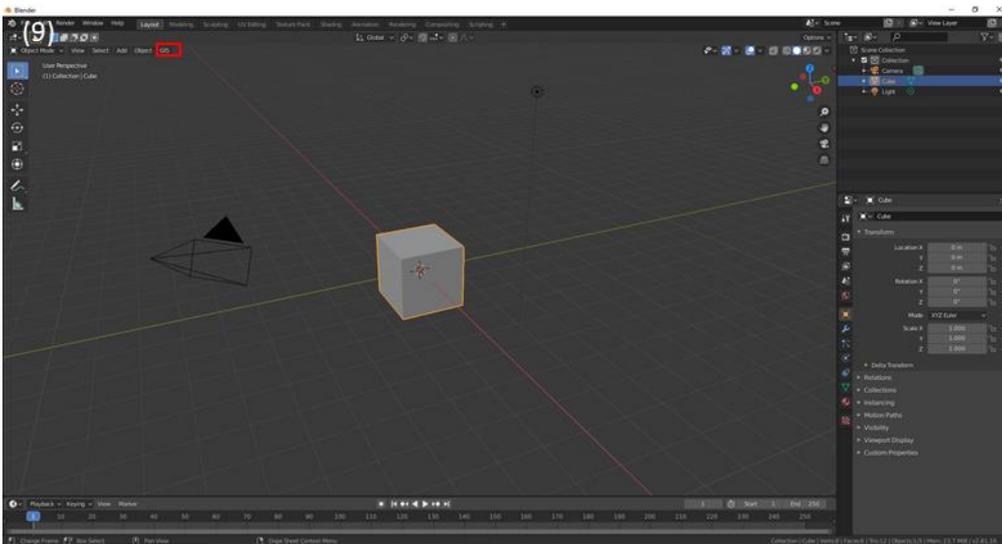


Após clicar em *preferences* é necessário expandir a área de visualização e selecionar a opção de instalação *add-on* (4). Neste campo aparecerá vários *add-ons*, porém, para a instalação do BlenderGIS é necessário clicar no botão de instalação e selecionar o arquivo (*.zip) que foi baixado no computador (5). Posteriormente à instalação é necessário configurá-lo. Assim, precisa clicar no *checkbox* para ativação da função no Blender (6). Em seguida é necessário clicar na seta que expande as informações do *add-on* (7). Nesta tela o mais importante é informar ao software onde será o *cash folder*, ou seja, a pasta onde será salvo os arquivos temporários (8).



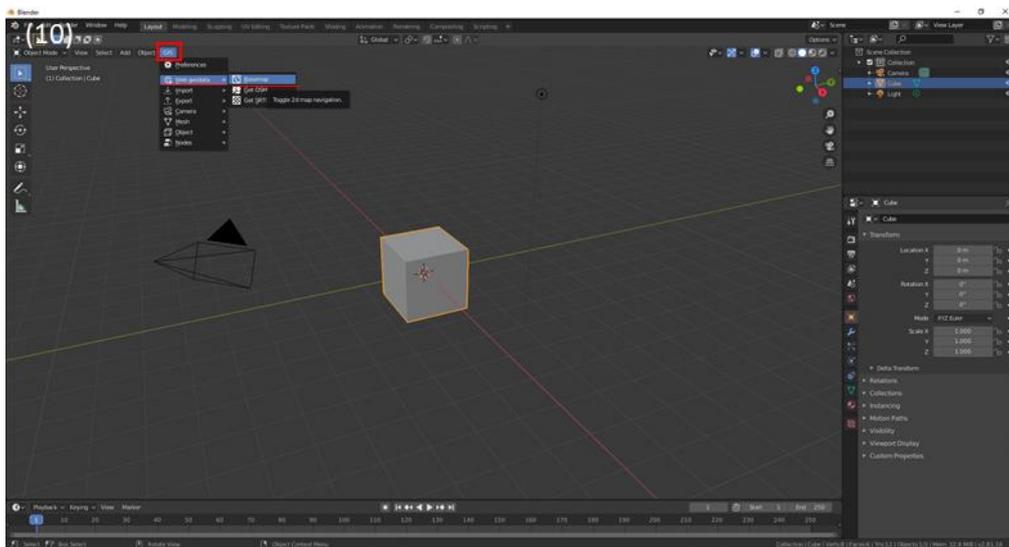


Após a instalação do *add-on* uma aba GIS ficará disponível no *layout* de entrada do Blender (9).



Para o correto funcionamento desta aplicação em alguns computadores será solicitado pelo Blender a instalação do GDAL, que pode ser adquirido instalando o SIG Quantum GIS – QGIS. Ou se preferir, poderá instalar e configurá-lo conforme tutorial disponível na internet (<https://gdal.org/>) e (<https://www.youtube.com/watch?v=4viTd3n9C9g>).

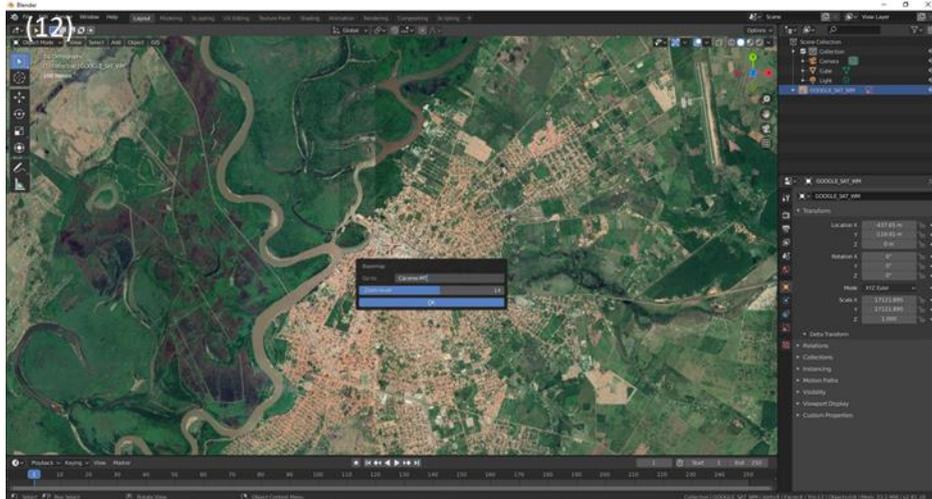
Após o término dos procedimentos mencionados inicia-se a modelagem tridimensional das cenas espaciais, clicando na aba GIS (a exclusão do cubo default não é necessário), selecionando o item *web geodata* e posteriormente selecionando a opção *basemap* (10).



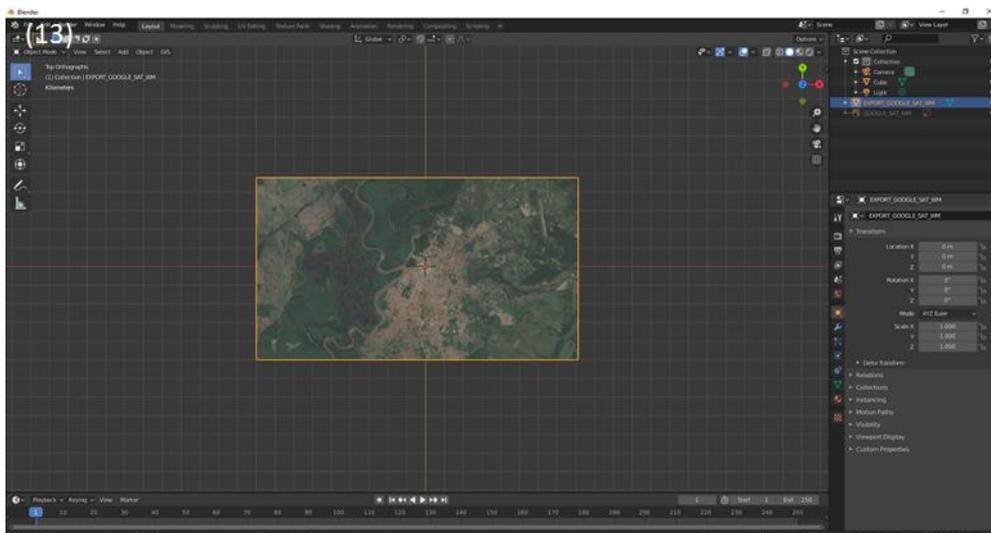
Neste momento é possível optar pelas fontes da imagem (Google, OSM, Bing e OSM WMS). Do mesmo modo, também é necessário optar pelas camadas *satélite* ou *map*. Para esta pesquisa, a fonte escolhida foi o Google e a camada imagem de satélite (11).



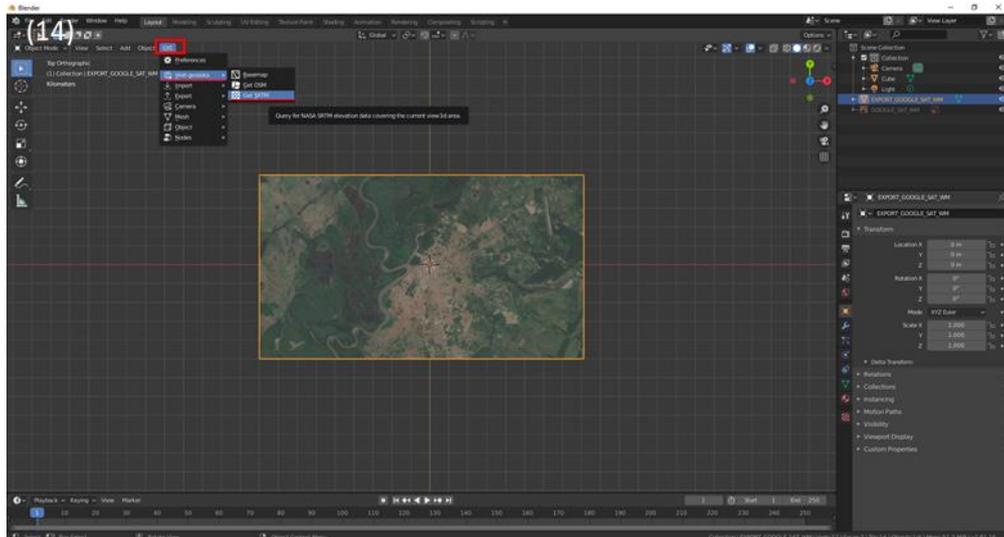
Para o experimento foi necessário marcar a área de estudo pressionando a tecla “G” e indicar a palavra-chave para localização e escala. Na pesquisa, a palavra-chave especificada foi “Cáceres-MT” e a escala (14), por melhor se adequar ao recorte em estudo. Cabe ressaltar que a escala utilizada não significa a escala sobre as projeções cartográficas conhecidas. Essa, refere-se ao grau de proximidade sobre uma superfície a ser modelada ou animada (12).



Em seguida, ao pressionar a tecla “E” será executado o recorte da área de estudo segundo o quadrante exibido na tela (13). Posteriormente é obtido o modelo digital de informações MDE pelo site da Nasa, pois a biblioteca *Add-on* do Blender tem conexão com a base de dados SRTM, permitindo assim vincular a rugosidade do relevo e a camada com a imagem de satélite.



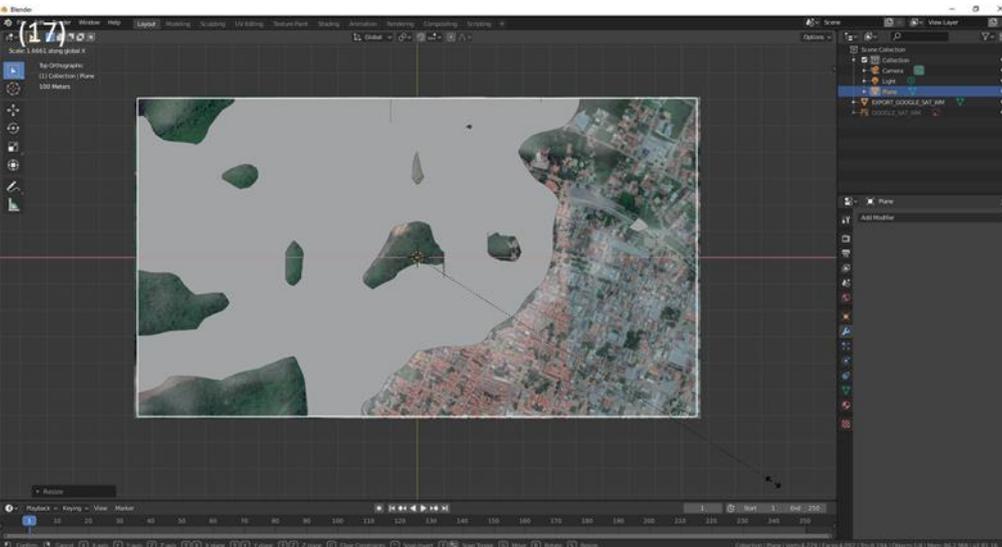
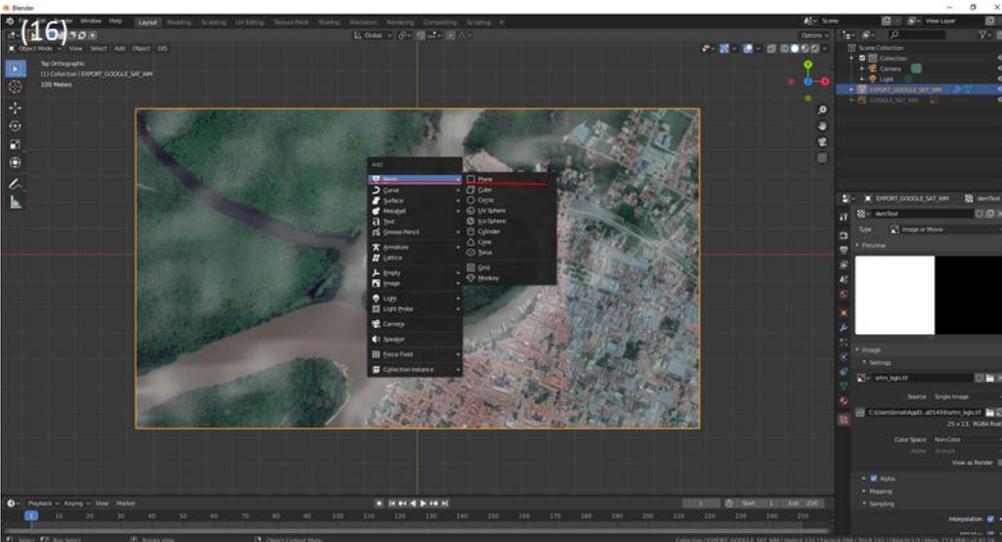
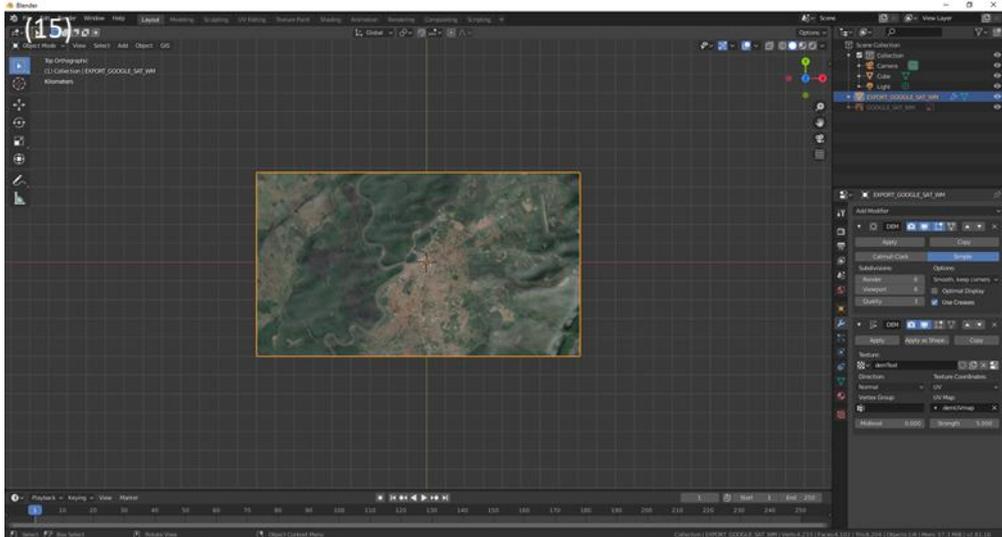
Para a construção da camada de satélite unida ao MDE foi necessário clicar novamente na aba GIS, selecionar o item *web geodata* e escolher a opção *Get a SRTM* (14).



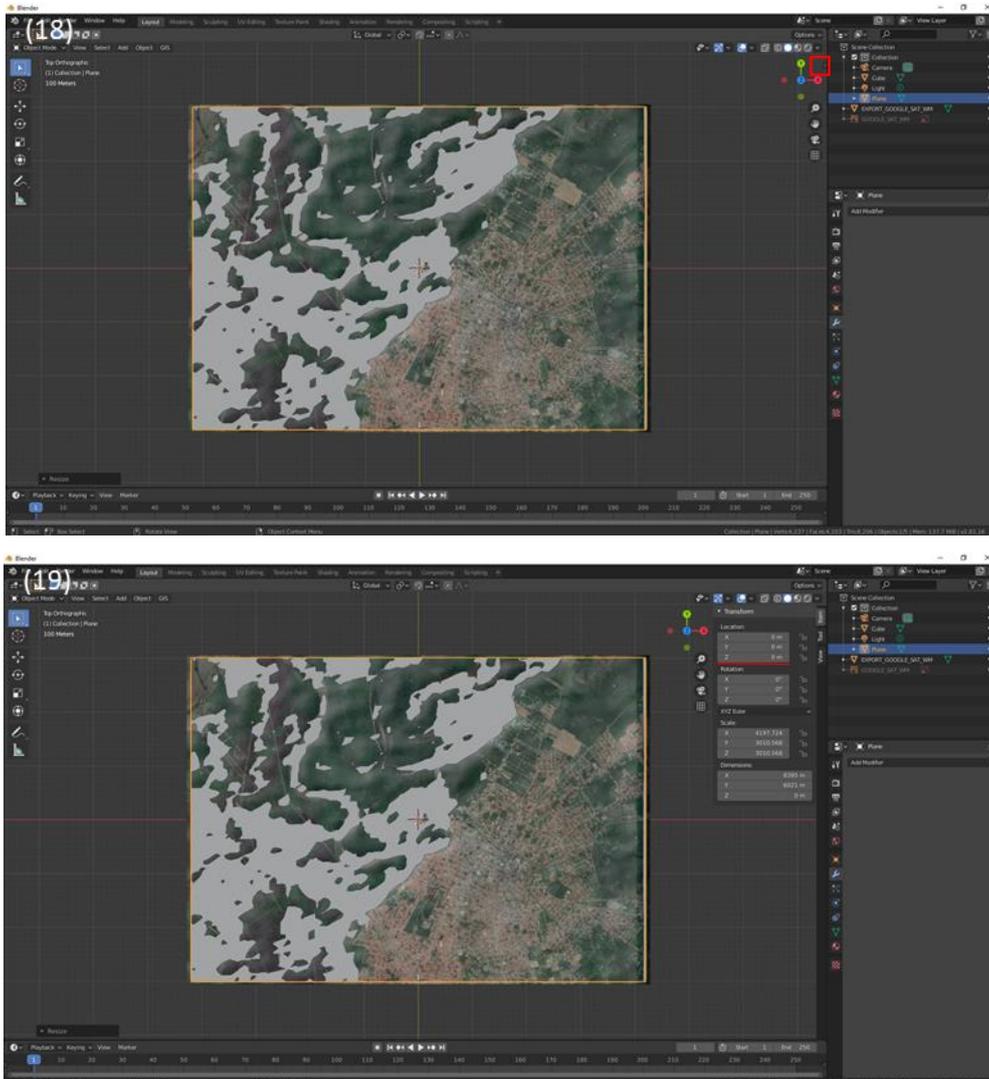
Após finalizado o processo notou-se presença de rugosidade do relevo. Porém, não de forma tão expressiva. Para deixá-la ainda mais visível foi necessário aplicar maior força sobre a função *displace geometry*. E para obter essa respectiva função, tornou-se necessário selecionar as opções *Modifier Properties* e *Strength* e substituir o valor 1.000 para 5.000 (15).

O próximo passo resultou na criação de um plano depois de pressionar no teclado as teclas (Shift+A) e exibir uma aba para adição de objetos. Neste momento foi selecionado a primeira opção *Mesh*, e posteriormente, a opção (*Plane*), localizado na aba que sucede ao deslocar o ponteiro do *Mouse* (16).

Após seguido tais passos permitiu-se ampliar o plano, a convergir com a área topográfica gerada nos passos 14 e 15. Em sequência, a tecla (S) foi pressionada e o *Mouse* deslocado para os lados até se obter o tamanho desejado. Foi necessário acrescentar a tecla (X ou Y) para obtenção correta da área de estudo (ex: S + X), apontado na imagem (17).

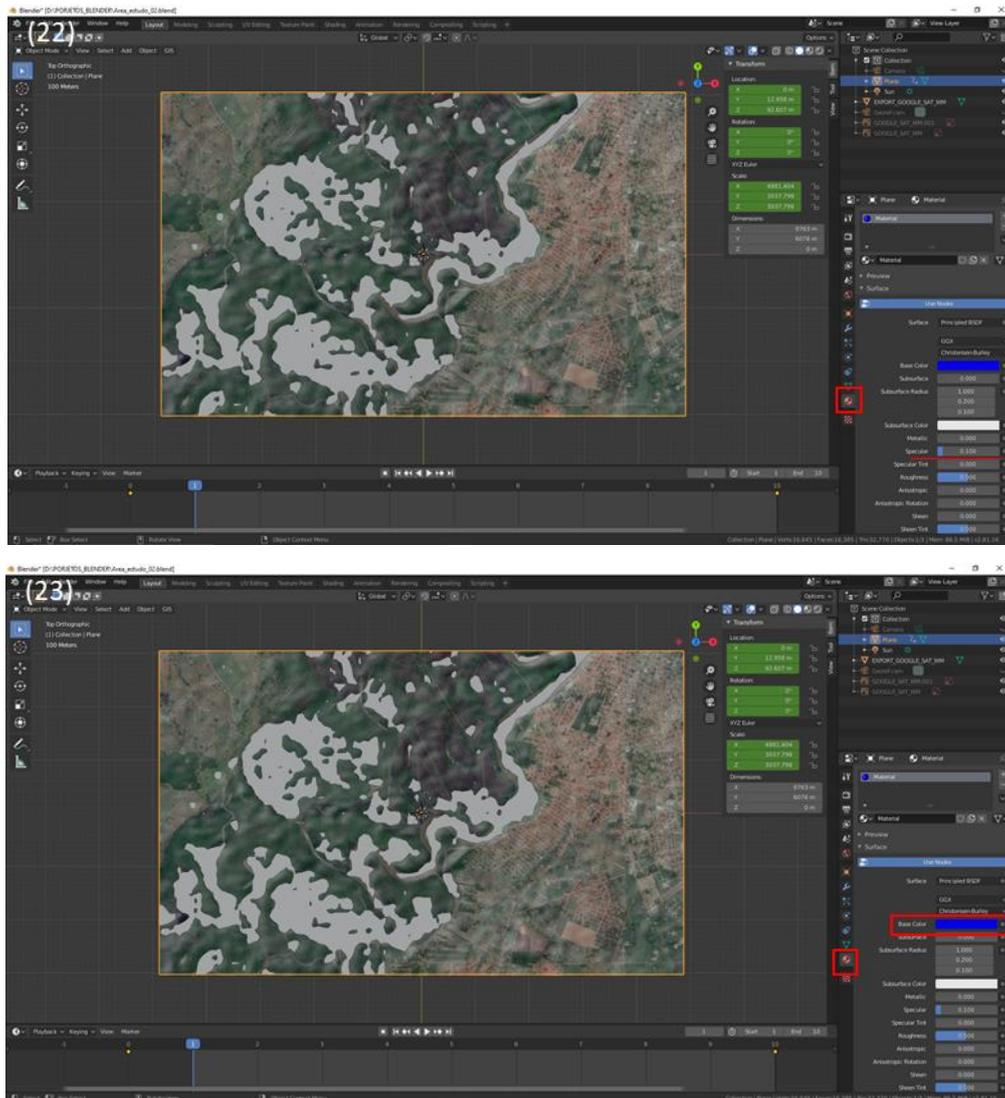


Posterior a tais passos, clicou-se na aba superior direita “*Transform*” para configurar a altura inicial e final da animação sobre o plano. Do mesmo modo, para o plano que representa a área de estudo (relevo) também foi configurado a altura para obter melhor representação de inundação da planície. Segundo Nóbrega e Silva (2016, p. 554) é necessário que haja ajustes para calibrar entre a maior e menor altura, por exagero vertical. Após seguir as instruções metodológicas propostas pelos respectivos autores, os valores para a construção da animação corresponderam aos dados coletados na régua da Marinha, na Agência Fluvial de Cáceres, conforme indicado nas imagens (18 e 19). Não foi possível saber o valor da base (em metros) constituindo valor mínimo equivalente a zero (0) em referência ao nível do mar.



Deste modo, o relevo foi calibrado conforme a menor e maior altura do MDE utilizado como base. E depois realizou-se a sobreposição do plano. Neste momento foi necessário

O procedimento final que demonstra uma melhor apresentação da modelagem do relevo foi seguido da seleção da opção *Material Properties*. E na opção *Specular* reduziu-se de 0,500 para 0,100. Esta redução permite eliminar o excesso de brilho sobre a modelagem e a impressão de espelhamento. Após finalizar esse procedimento (depois de selecionar o plano da água e a opção *Material Properties*, em Base Color) foi selecionado a cor Azul para melhor representação, conforme indicado nas imagens (22 e 23).



O procedimento final consistiu em renderizar os frames. Para isto foi necessário seguir as opções localizadas no canto superior à esquerda do computador, selecionar a terceira aba, *Render*, e escolher a opção *Render Animation* (Ctrl+F12).

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentam os elementos ambientais e sua contribuição na disponibilidade de água, os tipos de usos e cobertura e sua interferência na bacia, informações temporais da precipitação e sua influência no nível e aporte de sedimentos no rio Paraguai e a simulação de inundação do Pantanal de Cáceres.

4.1 CARACTERÍSTICAS GEOAMBIENTAIS DA BACIA DO ALTO DO PARAGUAI

A caracterização ambiental na área de estudo (geologia, geomorfologia e solos) mostrou a contribuição desses elementos para disponibilidade de água na bacia.

4.1.1 - Geologia

O estudo dos tipos de rochas e suas características (fraturas, porosidade e permeabilidade) proporciona o entendimento sobre percolação e infiltração da água e escoamento fluvial para abastecer o Pantanal de Cáceres. Deste modo, para a caracterização da geologia na área de estudo, dividiu-se as unidades geológicas entre segmentos que serão denominados de: área de recarga e Pantanal de Cáceres.

A condição para a percolação da água ocorre por meio de material exposto com muitas fraturas ou poros, como as rochas sedimentares, por exemplo, calcário e arenito. Por outro lado, quando a camada rochosa não está em superfície, depende da variável solo. Assim, solos e sedimentos arenosos favorecem a infiltração, permitindo que a água entre em contato com a superfície rochosa. Sob outra perspectiva, através de materiais argilosos ou cristalinos pouco fraturados, a exemplo de rochas ígneas (Granito/Basalto), metamórficas ou metassedimentares (Mármore/Xisto/Filito), a percolação torna-se desfavorável. Solos argilosos também prejudicam a infiltração das águas (TEIXEIRA et al. 2003).

Cabe afirmar que a contribuição para o abastecimento no Pantanal ocorre pela presença de materiais inconsolidados, que desempenham importante função de controle da infiltração, retendo temporariamente uma parcela da água infiltrada, que

sucessivamente é liberada aos poucos pelas rochas subjacentes (BRASIL, 1997; TEIXERA et al. 2003).

4.1.1.1 - Área de recarga e Pantanal de Cáceres

Na área de captação/recarga verificou-se a ocorrência de diferentes formações geológicas: Alto Guaporé, Alto Jauru, Alvorada, Araras (membro superior), Araras (membro inferior), Coberturas detrítico-lateríticas ferruginosas, Depósitos Aluvionares, Depósitos Pantanosos, Diamantino, Figueira Branca, Fortuna, Guapé, Jauru, Lajes, Morro Cristalino, Pantanal – facéis terraços aluvionais, Tonalito Cabaçal, Utiriti, Vale da Promissão, Vale do Alegre, Água Clara, Puga, Raizama, Rio Alegre, Rio Branco, Salto das Nuvens, Santa Cruz, Santa Helena, Santa Rita, Serra do Baú, São Domingos, Tapirapuã. Totalizando, ao todo, 31 ocorrências geológicas.

As características litológicas (fraturas, fendas, material de origem e porosidade) permitem que ocorram processos diferenciados (infiltração, escoamento superficial e percolação), conforme demonstrado no (Quadro 1).

Quadro 1 – Ocorrências geológicas e processos atuantes (infiltração, escoamento superficial e percolação)

Tipo	Nome	Tipo Rocha	Processos Atuantes
Cobertura detrítica-laterítica ferruginosa		Materiais superficiais	Infiltração e Percolação
Complexo	Alto Guaporé	Ígnea, Metamórfica	Infiltração e Percolação
Complexo	Rio Alegre	Ígnea, Metamórfica	Infiltração e Percolação
Complexo	Serra do Baú	Metamórfica	Escoamento superficial
Corpo	Lajes	Ígnea	Escoamento superficial
Corpo	Tonalito Cabaçal	Ígnea	Escoamento superficial
Depósitos aluvionares		Materiais superficiais	Infiltração e Percolação
Depósitos Pantanosos		Materiais superficiais	Infiltração e Percolação
Formação	Diamantino	Sedimentar	Infiltração e Percolação
Formação	Fortuna	Metamórfica, Sedimentar	Infiltração e Percolação
Formação	Jauru	Sedimentar	Infiltração e Percolação
Formação	Morro Cristalino	Sedimentar	Infiltração e Percolação
Formação	Pantanal	Aluvionares	Infiltração e Percolação
Formação	Puga	Sedimentar	Infiltração e Percolação
Formação	Raizama	Sedimentar	Infiltração e Percolação

Formação	Salto das Nuvens	Sedimentar	Infiltração e Percolação
Formação	Tapirapuã	Ígnea	Escoamento superficial
Formação	Utiriti	Sedimentar	Infiltração e Percolação
Formação	Vale da Promissão	Metamórfica	Infiltração e Percolação
Grupo	Alto Jauru	Ígnea, Metamórfica	Infiltração e Percolação
Litofácies	Araras	Sedimentar	Infiltração e Percolação
Suíte Intrusiva	Água Clara	Ígnea	Escoamento superficial
Suíte Intrusiva	Alvorada	Ígnea	Escoamento superficial
Suíte Intrusiva	Figueira Branca	Ígnea, Metamórfica	Escoamento superficial
Suíte Intrusiva	Guapé	Ígnea	Escoamento superficial
Suíte Intrusiva	Rio Branco	Ígnea	Escoamento superficial
Suíte Intrusiva	Santa Cruz	Ígnea	Escoamento superficial
Suíte Intrusiva	Santa Helena	Ígnea	Escoamento superficial
Suíte Intrusiva	Santa Rita	Ígnea	Escoamento superficial
Suíte Intrusiva	São Domingos	Ígnea	Escoamento superficial
Suíte Intrusiva	Vale do Alegre	Ígnea	Escoamento superficial

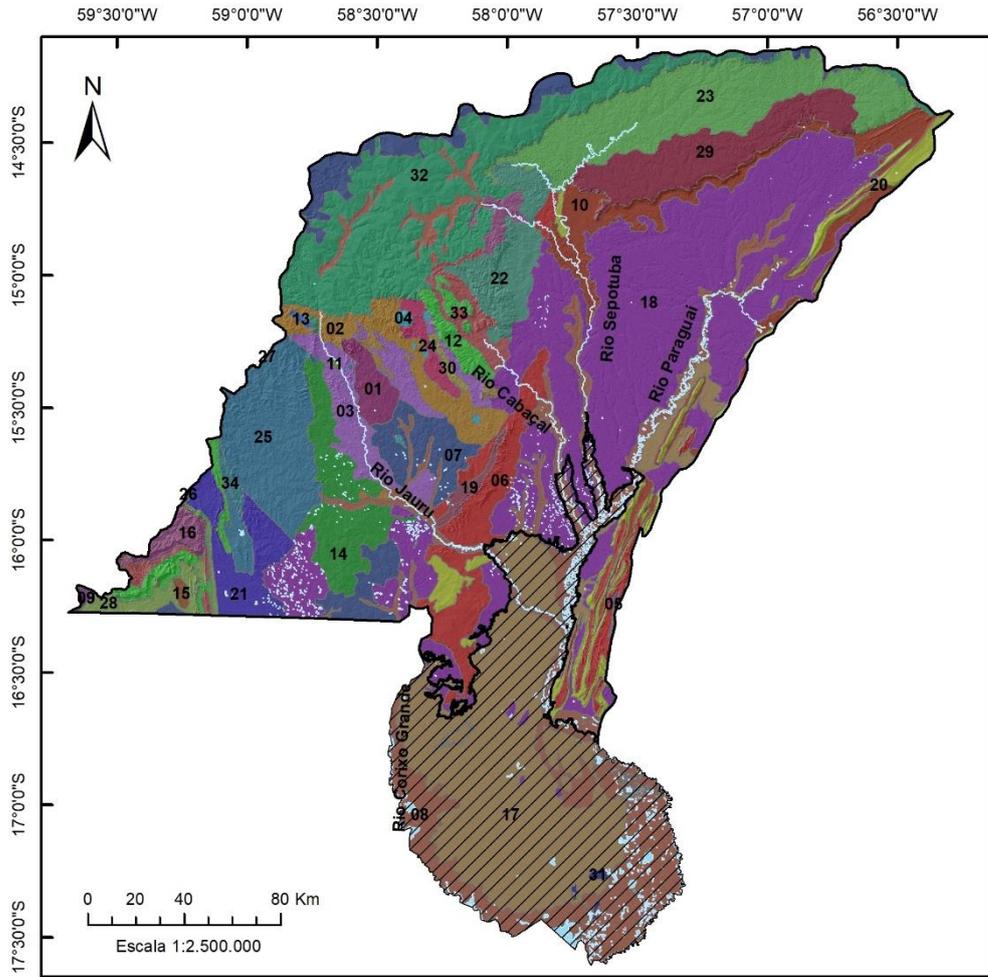
Organizado: o autor (2020).

A **Suíte Intrusiva Água Clara**, localizada na porção central da área de estudo, ocupa uma área de 464,71 km² (0,96% da área total) e está constituída por granito e granodiorito; estas rochas ígneas estão parcialmente metamórfizadas e pertencem ao Domínio dos Complexos Granitóides Deformados. Estas rochas apresentam intemperismo físico e químico moderado a alto, textura predominantemente argilo-siltico-arenosa (Figura 5) e possuem percolação fissural. A forma do relevo corresponde a superfícies aplainadas recortadas ou degradadas, possuindo declividade de 0 a 5 graus (CPRM, 2010).

Por sua origem ígnea, com granulação fina ou grossa, com poucas/moderadas fraturas e textura localmente porfirítica e foliação concordante com as encaixantes, a porosidade oscila entre 0 e 15% (KARMANN, 2001). Deste modo, a baixa capacidade de percolação favorece o aumento do escoamento superficial.

As características litológicas (composição mineralógica, textura e estrutura) dificultam a infiltração (que somente ocorre através das fraturas das rochas), favorecendo o aumento do fluxo de água superficial.

Figura 5 – Ocorrências geológicas na Bacia do Alto do Paraguai



Unidade Geológica

- | | |
|--|---|
| 01 Água Clara | 18 Pantanal - fácies terraços aluvionares |
| 02 Alto Guaporé | 19 Puga |
| 03 Alto Jauru | 20 Raizama |
| 04 Alvorada | 21 Rio Alegre |
| 05 Araras - Membro Inferior | 22 Rio Branco |
| 06 Araras - Membro Superior | 23 Salto das Nuvens |
| 07 Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas | 24 Santa Cruz |
| 08 Depósitos aluvionares | 25 Santa Helena |
| 09 Depósitos pantanosos | 26 Santa Rita |
| 10 Diamantino | 27 São Domingos |
| 11 Figueira Branca | 28 Serra do Baú |
| 12 Fortuna | 29 Tapirapuã |
| 13 Guapé | 30 Tonalito Cabaçal |
| 14 Jauru | 31 Urucum |
| 15 Lajes | 32 Utiriti |
| 16 Morro Cristalino | 33 Vale da Promissão |
| 17 Pantanal - fácies depósitos aluvionares | 34 Vale do Alegre |

Área de estudo

- Área de recarga
- Pantanal de Cáceres
- Áreas alagadas



Fonte: CRPM - "Geodiversidade" (2010)
 Sistema de coordenadas geográficas
 Projeção equirretangular
 Datum Sirgas 2000

Organizado: o autor (2020).

A **Suíte Intrusiva Alvorada** que representa apenas 0,18% da Área de recarga (86 km²) pertence ao Domínio dos Complexos Granitóides Não Deformados, estando constituída por séries graníticas sub-alcálicas: cálcio-alcálicas (baixo, médio e alto-K) e toleíticas (sienogranitos, monzogranitos, granodioritos, tonalitos, quartzo monzodioritos, dioritos quartzo monzonitos, monzonitos, etc.) com intemperismo físico e químico moderado a alto. A textura é predominantemente argilo-síltico-arenosa com baixo porosidade (0 – 15%) e aparecem em relevos de colinas dissecadas e morros baixos, alcançando uma declividade de 5 a 20 graus (CPRM, 2010).

A ausência de fraturas e o material de origem (composição dos minerais, sua textura e porosidade) dificultam a infiltração e a percolação da água para o abastecimento do lençol freático, favorecendo o escoamento superficial.

A **Formação Araras** ocupa 18,83 km² (0,04 % da área de estudo), estando constituída por marga, argilito, calcissiltito, calcário dolomítico e calcário calcítico. São rocas sedimentares proterozóicas dobradas, metamorfizadas em baixo a médio grau, com presença majoritariamente de metacalcários, com intercalações subordinadas de metassedimentos síltico-argilosos e arenosos. São rochas intensamente dobradas e fraturadas, com grau de intemperismo físico e químico variável. A sua textura é predominantemente argilosa, com porosidade baixa (0 – 15%) e declividade entre 15 a 35 graus, pertencendo ao domínio de morros e serras baixas (CPRM, 2010).

Cabe destacar que nos calcários as fendas e fraturas contribuem para a infiltração e percolação da água das precipitações.

A **Litofácies da Unidade Araras, membro superior** é uma das unidades predominantes, com 2.598 km² (5,34% da área total), estando formada por rochas sedimentares (dolomito, argilito, arenito, sillexito e siltito) do Domínio das sequências sedimentares proterozóicas dobradas, metamorfizadas em baixo a médio grau, com predomínio de metacalcários e intercalações subordinadas de metassedimentos síltico-argilosos e arenosos intensamente dobrados e fraturados. O intemperismo nelas é baixo e a textura predominantemente é a argilosa, com porosidade baixa (0 – 15%). A declividade oscila entre 15 e 35 graus e pertencem, também, ao domínio de morros e serras baixas (CPRM, 2010).

A **Litofácies da Unidade Araras, membro superior**, apresenta sedimentos inconsolidados (cascalhos e areia), dobramentos intensos e alto grau de fraturamento, favorecendo a infiltração e percolação da água, que contribui para o abastecimento do Pantanal o ano todo (CPRM, 2010).

As **Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas** ocupam uma área de 2.552,28 km² (5,25% da Área de recarga), apresentando um aglomerado de laterita, silte, areia e argila em sua composição litológica, apresentando também materiais superficiais, com depósitos detrito-lateríticos provenientes de processos de lateritização em rochas de composições diversas, sem a presença de crosta. Não possui deformações geológicas e o intemperismo físico e químico é moderado alto, com variação na vertical. A porosidade é variável (0 a >30%), com superfícies aplainadas conservadas e declividade de 0 – 5 graus (CPRM, 2010).

A composição litológica de porosidade variável caracteriza a unidade lito-hidrogeológica granular, que possui capacidade de infiltração e percolação da água, posteriormente emitida para o sistema hídrico do Pantanal.

Os **Depósitos aluvionares** ocupam 2.333,64 km² (4,80% da área de recarga). Sua composição litológica corresponde a areia, silte, cascalho e argila, associados ao domínio dos sedimentos cenozóicos inconsolidados ou pouco consolidados, depositados em meio aquoso. Esta unidade apresenta ambiente de planície aluvionar recente (materiais inconsolidados e de espessura variável, que da base para o topo apresentam cascalho, areia e argila). Deste modo, tais depósitos não apresentam deformações ou fraturas, apenas o aspecto anisotrópico estratificado, com porosidade alta (> 30%). A declividade é nula, formando planícies fluviais ou flúvio-lacustres (CPRM, 2010).

Os depósitos estão ao longo do perfil longitudinal do rio Paraguai e seus tributários, que têm capacidade de recarga do lençol freático pela sua composição sedimentar e alta porosidade alta (>30%), o que revela a participação destes depósitos no abastecimento hídrico do Pantanal.

A **Formação Diamantino**, composta por folhelho, argilito, siltito e arcóseo, pertence ao domínio das sequências sedimentares proterozóicas dobradas e metamorfizadas em baixo a médio grau. Nela predominam os metassedimentos siltico-argilosos com intercalações de metagrauvacas intensamente dobrados e fraturados e com intemperismo variável na vertical. A textura predominante é argilo-siltico-arenosa, com porosidade

variável (0 a >30%), se apresentando em relevo de superfícies aplainadas retocadas ou degradadas, com declividade de 0 a 5 graus (CPRM, 2010). Abrange uma área equivalente a 2.251,94 km² (4,63%), cobrindo parte da porção norte e leste da área de estudo.

Esta formação, por ser sedimentar, com alto grau de fraturamento das rochas e porosidade variável, torna-se suscetível à percolação da água e constitui um fator de recarga por se localizar em áreas de cabeceira (ao Norte), e de divisor de águas (ao Leste), dos aquíferos que alimentam o Pantanal.

A ocorrência geológica **Figueira Branca** é uma Suíte Intrusiva composta, segundo o CPRM (2010) por rochas ígneas ou metamórficas do Domínio dos Corpos Máficos-Ultramáficos (anortosito, dunito, troctolito, gabro, serpentinito e norito). Não possuem deformações tectônicas e o intemperismo físico e químico é de baixa intensidade devido à baixa porosidade (0 a 15%) e textura predominantemente argilosa. A declividade é de 5 - 20 graus e forma um relevo de colinas dissecadas e morros baixos. É uma das menores unidades aferidas na área de estudo, com apenas 6,30 km² (0,01% da área de estudo).

As características descritas acima indicam que são rochas desfavoráveis à infiltração da água, mas propiciam o escoamento em superfície, contribuindo assim para a inundação periódica do Pantanal.

A **Formação Fortuna** abrange 1,94% da área de estudo, correspondendo a 942 km². Apresenta metaconglomerado oligomítico e arenito, sendo esta formação de origem metassedimentar (sequências sedimentares proterozóicas dobradas e metamorfizadas em baixo grau a médio grau). Apresentam pouco a moderado dobramento e fratura, mais o intemperismo é moderado a alto e a porosidade é alta (>30%) em textura predominantemente arenosa. Também formam um relevo de colinas dissecadas e morros baixos, com declividade de 5 a 20 graus (CPRM, 2010). A Formação Fortuna contribui para o abastecimento do Pantanal por meio da infiltração e percolação de água nas rochas, especialmente o arenito.

A **Suíte intrusiva Guapé** ocupa apenas 35 km², ou seja, 0,07% da Área de recarga. Pertence aos Complexos Granitóides Não Deformados e está constituída por sienogranito, monzogranito e quartzo monzonito (não dobrados e pouco fraturados). O intemperismo físico e químico é moderado e alto, enquanto a textura predominantemente é argilo-siltico-arenosa com baixa porosidade (0 a 15%). A declividade oscila entre 15 e 35 graus, pertencendo ao domínio de morros e serras baixas (CPRM, 2010).

As características litológicas, de conjunto com a declividade, favorecem o elevado escoamento superficial, confirmado o apontado pela Embrapa (1979).

A **Formação Jauru**, composta por rochas sedimentares como arenito, folhelho, diamictito, siltito arenoso e conglomerado, ocupa 3,32% da Área de recarga. Trata-se de rochas pouco a moderadamente consolidadas, associadas a grandes e profundas bacias sedimentares do tipo sinéclise. Os para-conglomerados com intercalações de tilitos e folhelhos não apresentam dobramentos e as fraturas não são significativas, enquanto o intemperismo químico é de moderado a alto e a textura arenosa, com porosidade moderada (15 a 30%). Esta formação ocupa superfícies aplainadas retocadas ou degradadas, com declividade de 0 a 5 graus (CPRM, 2010).

Estas características favorecem a recarga do lençol freático e com isso, o abastecimento do Pantanal.

A ocorrência **Corpo Lajes**, com 59,53 km² (0,12% da Área de recarga) é formada por rochas ígneas metamorfizadas como monzogranito e sienogranito, agrupadas no Domínio dos Complexos Granitóides Deformados. Esta unidade também se caracteriza por séries graníticas sub-alcalinas e toleíticas não dobradas, mas com zonas de cisalhamento. O seu intemperismo físico e químico é de moderado a alto, com baixa porosidade (0 – 15%) e textura argilo-siltico-arenosa predominante. Apresenta-se em superfícies aplainadas conservadas com declividade de 0 a 5 graus (CPRM, 2010). Estas características favorecem o escoamento superficial, mesmo ocorrendo em áreas de baixa declividade e superfície plana.

A **Formação Morro Cristalino**, constituída por arenito fino, ocupa parte do norte e do oeste da Área de recarga, com área de 600 km² (1,23%). Esta unidade sedimentar pertence ao domínio das seqüências sedimentares proterozóicas dobradas, metamorfizadas em baixo a médio grau. Caracteriza-se, também, pela presença de metarenito, quartzitos e metaconglomerados. Apresenta-se de pouco a moderadamente dobrada e fraturada, com intemperismo físico e químico de moderado a alto, elevada porosidade (>30%) e textura predominantemente arenosa. O relevo apresenta-se por degraus estruturais e rebordos erosivos, com declividade de 10 - 25 graus, localmente > 45 (CPRM, 2010). A porosidade do arenito e o fraturamento na rocha possibilitam a infiltração e percolação da água, contribuindo para o abastecimento do Pantanal o ano todo.

A **Formação Pantanal** (fácies terraços aluvionares), que apresenta a maior área de abrangência (cerca de 27,47%), pertence ao Domínio dos Sedimentos Cenozóicos Inconsolidados ou Pouco Consolidados, depositados em meio aquoso, que formam atualmente terraços aluvionares com material inconsolidado a semi-consolidado de espessura variável (da base para o topo é formado por cascalho, areia e argila). Não apresenta deformações tectônicas ou fraturas, sendo a sua porosidade alta (>30%) (CPRM, 2010). Esta unidade apresenta a menor declividade (0 – 3 graus), o que de conjunto com as citadas características litológicas, favorece a infiltração e percolação de água para o abastecimento anual do Pantanal.

A **Formação Puga** está formada por arenito, lamito e diamictito, que pertencem às chamadas Sequências Sedimentares Proterozóicas Dobradas, com metamorfismo de grau baixo a médio. Também contém metassedimentos síltico-argilosos com intercalações de metagrauvacas. Possui dobramentos e fraturas intensas, com intemperismo físico e químico de baixo a alto na vertical e textura predominantemente argilo-síltico-arenosa e porosidade variável (0 a > 30%). Seu relevo é essencialmente de morros e serras baixas, com declividade de 15 a 35 graus. Esta formação ocupa 175,91 km², ou seja, 0,36% (CPRM, 2010).

Mesmo que a composição sedimentar da Formação Puga seja favorável à infiltração, o relevo forte ondulado faz com que parte da água escoe pela superfície inclinada, antes de se infiltrar.

A **Formação Raizama** é composta por rochas sedimentares como arenito, siltito, arcóseo, argilito e conglomerado, das Sequências Sedimentares Proterozóicas Dobradas, com metamorfismo de baixo a médio grau. Também apresenta metarenito, quartzitos e metaconglomerados pouco a moderadamente dobrados e fraturados, com intemperismo físico e químico moderado a alto. A textura é predominantemente arenosa, com porosidade alta (>30%) e declividade entre 25 e 45 graus (localmente de 60 a 90). A área cobre 1.479,92 km², que representa 3,04% da Área de recarga (CPRM, 2010).

Todo isto indica que a sustentação fluvial no Pantanal tem a participação da ocorrência Raizama por infiltração e percolação.

O **Complexo Rio Alegre** localiza-se na porção oeste, com a presença de xisto, metabasalto, rochas vulcânicas piroclásticas, formação ferrífera bandada, metachert, metadacito e metarriolito, de origem ígnea/metamórfica. Cobre uma área de 1.136 km²

(2,34%) e aparece intensamente dobrada e fraturada, com intemperismo físico e químico de baixa a alta intensidade, na horizontal e na vertical. A porosidade deste complexo é baixa (0 a 15%), com textura variável (de arenosa a argilo-siltosa) e declividade 0 a 5° em superfícies aplainadas conservadas (CPRM, 2010).

A ocorrência do Complexo Rio Alegre tem influência na dinâmica fluvial de abastecimento do Pantanal, com contribuição por infiltração e percolação. Este fato é indicado, apesar da origem ígnea/metamórfica das rochas, por possuir rochas intensamente dobradas e fraturadas e baixa declividade. O curso para a infiltração e percolação é mais lento do que em rochas sedimentares, mas as fraturas e a baixa declividade proporcionam a ação lito-hidrogeológica fissural (KARMANN, 2001).

A **Suíte Intrusiva Rio Branco** ocupa uma área de 1.314 km² (2,70% da Área de recarga), composta por gabro, quartzo gabro e olivina gabro, pertencentes ao Domínio dos Corpos Máficos-Ultramáficos não dobrados e pouco a moderadamente fraturados, com baixa intensidade de intemperismo físico e químico. A textura predominante é a argilosa, com porosidade baixa (0 a 15%). Suas superfícies são aplainadas retocadas ou degradadas, com declividade de 0 a 5 graus (CPRM, 2010).

Pode-se afirmar que a participação da Suíte Intrusiva Rio Branco é maior através do escoamento superficial devido à sua origem ígnea, a ausência de dobramentos e poucas fissuras, bem como a baixa porosidade.

A **Formação Salto das Nuvens**, com área de 3.714,59 km² (7,63% da Área de recarga), está composta por conglomerado polimítico e arenito (dominantes), além de siltito, marga, argilito, pertencentes ao Domínio das Coberturas Sedimentares e Vulcanossedimentares Mesozóicas e Paleozóicas pouco a moderadamente consolidadas (CPRM, 2010). Apresenta-se pouco dobrada e fraturada, com intemperismo físico e químico baixo a alto (na horizontal e vertical) e porosidade predominantemente arenosa (0 a >30%). Ocupa degraus estruturais e rebordos erosivos, com declividade de 10 - 25 graus (localmente > 45).

Sua constituição sedimentar, com poucos dobramentos e fraturas, de conjunto com a porosidade e declividade, determinam que a Formação Salto das Nuvens seja favorável à infiltração e percolação da água, abastecendo os depósitos subterrâneos que sustentam o Pantanal.

A **Suíte Intrusiva Santa Cruz** situada na porção oeste, ocupa apenas 0,59% da Área de recarga (286,99 km²). Pertence aos Complexos Granitóides Deformados com séries graníticas sub-alcálicas e toleíticas não dobradas e com fraturas nas zonas de cisalhamento. O seu intemperismo físico e químico é de moderado a alto, a textura predominantemente argilo-siltico-arenosa e a porosidade baixa (0 a 15%). Forma relevos de colinas dissecadas e morros baixos, com declividade de 5 a 20 graus (CPRM, 2010).

A Suíte Intrusiva Santa Cruz apresenta escoamento superficial. Isto ocorre pela origem ígnea das rochas, associadas à textura predominantemente argilosa e baixa porosidade.

A **Suíte Intrusiva Santa Helena** é composta por rochas ígneas (monzogranito, Ssienogranito, aplito, tonalito, pegmatito e granodiorito) pertencentes ao Domínio dos Complexos Granitóides intensamente deformados. Trata-se de séries graníticas sub-alcálicas e toleíticas com intemperismo físico e químico moderado a alto, baixa porosidade (0 a 15%) e textura predominantemente argilo-siltico-arenosa. A declividade é de 5 a 20 graus e seu relevo é de colinas dissecadas e morros baixos (CPRM, 2010). Esta suíte localiza-se na porção norte e leste, no sopé do Planalto dos Parecis, ocupando uma área 2.535, 45 km² (5,21% da Área de recarga). Portanto as suas características favorecem o escoamento superficial.

A **Suíte Intrusiva Santa Rita** que ocupa uma área de 9,07 km² (a 0,02% da Área de recarga), também pertence ao Domínio dos Complexos Granitóides Deformados, estando constituída por tonalito, granodiorito foliado e monzogranito (séries graníticas sub-alcálicas e toleíticas). Mesmo que não dobrada, as suas fraturas ocorrem em zonas de cisalhamento, enquanto o intemperismo é de moderado a alto e a textura predominantemente argilo-siltico-arenosa, com baixa porosidade (0 a 15%) (CPRM, 2010). O aspecto do relevo se revela por superfícies aplainadas retocadas ou degradadas, com declividade de 0 a 5 graus.

O sistema hídrico do Pantanal é alimentado por essa ocorrência através de escoamento superficial principalmente, devido às características litológicas supracitadas. .

A **Suíte Intrusiva São Domingos** pertence ao Domínio dos Complexos Granitóides Não Deformados, estando composta por granitóides (sienogranitos, monzogranitos, granodioritos, etc) não dobrados e pouco fraturados, com intemperismo físico e químico de moderado a alto. Possui baixa porosidade (0 a 15%) e textura predominantemente argilo-

síltico-arenosa. Ocupa um relevo de colinas dissecadas e morros baixos, com declividade de 5 a 20 graus (CPRM, 2010).

Esta ocorrência, por ter uma origem ígnea e não possuir dobramentos e fraturas, baixa porosidade e predomínio de argila, torna-se desfavorável à infiltração e percolação. Ou seja, sua contribuição no sistema hídrico do Pantanal é por escoamento superficial.

O **Complexo Serra do Baú** é composto por rochas metamórficas (ortogneise, monzogranítico e migmatito) do Domínio do Complexo Granito-gnaise-migmatítico e granulitos. Possui intenso dobramento e cisalhamento, com intemperismo variável, porosidade baixa (0-15%) e textura essencialmente argilo-síltico-arenosa. Ocupa colinas amplas e suaves, com 3 a 10 graus de declividade. Este complexo localiza-se na porção oeste, com área equivalente a 460,10 km², correspondendo a 0,95% da Área de recarga (CPRM, 2010). No Complexo Serra do Baú, o escoamento ocorre principalmente em superfície.

A **Formação Tapirapuã** é composta basicamente por gabro e diabásio, com baixo intemperismo físico e químico, textura predominantemente argilosa e baixa porosidade (entre 0 e 15%). O relevo apresenta-se como planalto, com declividade de 2 a 5 graus, exceto no eixo de vale. A Formação Tapirapuã concentra-se a norte, na borda do planalto dos Parecis, com área de 1.994,01 km², equivalente a 4,10% da Área de recarga (CPRM, 2010).

Por apresentar origem ígnea, sem dobramentos, pouco fraturado, com textura argilosa e baixa porosidade, também abastece o Pantanal por meio do escoamento superficial.

O **Corpo Tonalito Cabaçal** ocupa apenas 77,42 km² da área (0,16%) e também pertence ao Domínio dos Complexos Granitóides Intensamente Deformados, com séries graníticas sub-alcálicas e toleíticas não dobradas e com poucas fraturas. O intemperismo físico e químico é moderado a alto, com textura predominantemente argilo-síltico-arenosa e baixa porosidade (0 a 15%). O relevo apresenta-se como colinas dissecadas e morros baixos, com declividade entre 5 a 20 graus (CPRM, 2010).

Esta ocorrência, por ser de origem ígnea, não possuir dobramentos e nem fraturas significativas, além de uma textura predominantemente argilosa e uma baixa porosidade, contribui para o abastecimento do Pantanal através do escoamento superficial.

A **Formação Utiriti** é composta por arenitos, argilitos e intercalações de pelitos, e faz parte do Domínio das Coberturas Sedimentares e Vulcanossedimentares Mesozóicas

e Paleozóicas pouco a moderadamente consolidadas e não dobradas. Apresenta baixa a moderada intemperização físico e química na horizontal e na vertical, com porosidade variável (0 a >30%) e textura predominantemente arenosa. Exceto nos vales, ocupa topos planos (relevo e chapadas e platôs segundo CPRM (2010)). Sua área cobre 5.038,85 km², equivalente a 10,36%.

Pelas suas características, esta formação contribui para o abastecimento do lençol freático por infiltração e percolação, favorecendo a manutenção do Pantanal.

A **Formação Vale da Promissão** compreende rochas como ardósia, metargilito, metassiltito e metarenito (com intercalações irregulares de metassedimentos arenosos e síltico-argilosos), pertencentes ao Domínio das Sequências Sedimentares Proterozóicas dobradas e metamorizadas em baixo a médio grau. Apresenta-se pouco a moderadamente dobrada e intensamente fraturada, com intemperismo físico baixo e intemperismo químico baixo a alto na horizontal e vertical. Sua porosidade é alta (>30%), a textura principalmente argilo-siltosa e a declividade entre 25 e 45 graus (localmente de 60-90), caracterizando um relevo de inselbergs e outros relevos residuais (CPRM, 2010). Localizado na porção central e oeste, ocupa uma área de 710,27 km² (1,46% da área de estudo).

A Formação Vale da Promissão, de origem metamórfica, está intensamente fraturada e com porosidade é alta, o que favorece a infiltração e percolação para o sistema freático saturado que alimenta o Pantanal.

A **Suíte Intrusiva Vale do Alegre** encontra-se localizada na porção oeste e está constituída por serpentinito, gabro, peridotito, dunito, diabásio e harzburgito, não apresentando dobramentos e sem fraturas significativas. O intemperismo físico e químico é baixo e a textura predominantemente argilosa, com baixa porosidade (0 a 15%). Com declividade de 0-5 graus, ocupa superfícies aplainadas conservadas (CPRM, 2010). A área desta unidade da Área de recarga corresponde a 110,43 km², equivalendo a 0,23% da área (Tabela 3). Esta ocorrência, pelas suas características, favorece o escoamento superficial.

A tabela abaixo apresenta as ocorrências geológicas na Área de recarga, informa a área em km² e a porcentagem de ocupação da superfície (Tabela 3). Note-se que as áreas de maiores porosidades estão ao norte e ao oeste, fazendo parte da borda do divisor de águas da Bacia do Alto Paraguai. Entretanto, as unidades localizadas no centro da bacia possuem textura predominantemente argilosa, que dificultam a infiltração da água e favorecem o escoamento superficial.

Tabela 3 - Geologia da Área de recarga

Eon	Era	Período	Unidade	Área	
				(km ²)	(%)
Fanerozoico	Cenozoico	Quaternário	Depósitos aluvionares	2.333,64	4,80
			Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	2.552,28	5,25
			Formação Pantanal - fácies terraços aluvionares	13.368,60	27,47
	Mesozoico	Cretáceo	Grupo Parecis - Formação Salto das Nuvens	3.714,59	7,63
			Formação Tapirapuã	1.994,01	4,10
			Grupo Parecis - Formação Utiariti	5.038,85	10,36
		Carbonífero	Suíte Intrusiva Santa Rita	9,07	0,02
			Formação Jauru	1.614,18	3,32
Proterozoico	Superior	Grupo Alto Paraguai - Formação Diamantino	2.251,94	4,63	
		Grupo Alto Paraguai - Formação Puga	175,91	0,36	
		Grupo Alto Paraguai - Formação Raizama	1.479,92	3,04	
	Médio	Complexo Rio Alegre	1.136,65	2,34	
		Grupo Aguapeí - Formação Fortuna	942,08	1,94	
		Grupo Aguapeí - Formação Morro Cristalino	600,09	1,23	
		Grupo Aguapeí - Formação Vale da Promissão	710,27	1,46	
	Neoproterozóico	Araras, Membro Superior	2.598,25	5,34	
		Araras, Membro Inferior	18,83	0,04	
	Mesoproterozóica	Suíte intrusiva São Domingos	3,18	0,01	
		Suíte Intrusiva Santa Helena	2.535,45	5,21	
		Suíte Intrusiva Santa Cruz	286,99	0,59	
		Suíte Intrusiva Alvorada	85,78	0,18	
		Complexo Alto Guaporé	1.213,18	2,49	
	Paleo-Mesoproterozóica	Suíte Intrusiva Rio Branco	1.314,80	2,70	
	Paleoproterozóico	Suíte Intrusiva Vale do Alegre	110,43	0,23	
		Suíte Intrusiva Guapé	35,01	0,07	
		Suíte Intrusiva Figueira Branca	6,3	0,01	
		Grupo Alto Jauru	1.468,36	3,02	
		Suíte Intrusiva Água Clara	464,71	0,96	
Não identificado	Complexo Serra do Baú	460,1	0,95		
	Corpo Tonalito Cabaçal	77,42	0,16		
	Corpo Lajes	59,53	0,12		
	Depósitos Pantanosos	5,60	0,05		
TOTAL	-	48.666,00	100,00		

Elaboração: o autor (2020).

Em negrito, destaque das unidades predominantes.

As rochas sedimentares identificadas na área de estudo pelo CPRM (2010), como arenito, siltito, folhelho, argilito, arenito conglomerático, conglomerado polimítico, dolomito, lamito, diamectito, grauvaca, arenito fino, calcário e arcóseo, permitem a infiltração e recarga dos aquíferos. Outros fatores que contribuem para a formação da Área de recarga do Pantanal de Cáceres (localizado ao sul) são a declividade, que é predominantemente baixa (0 a 10 graus), e a ausência de dobramentos.

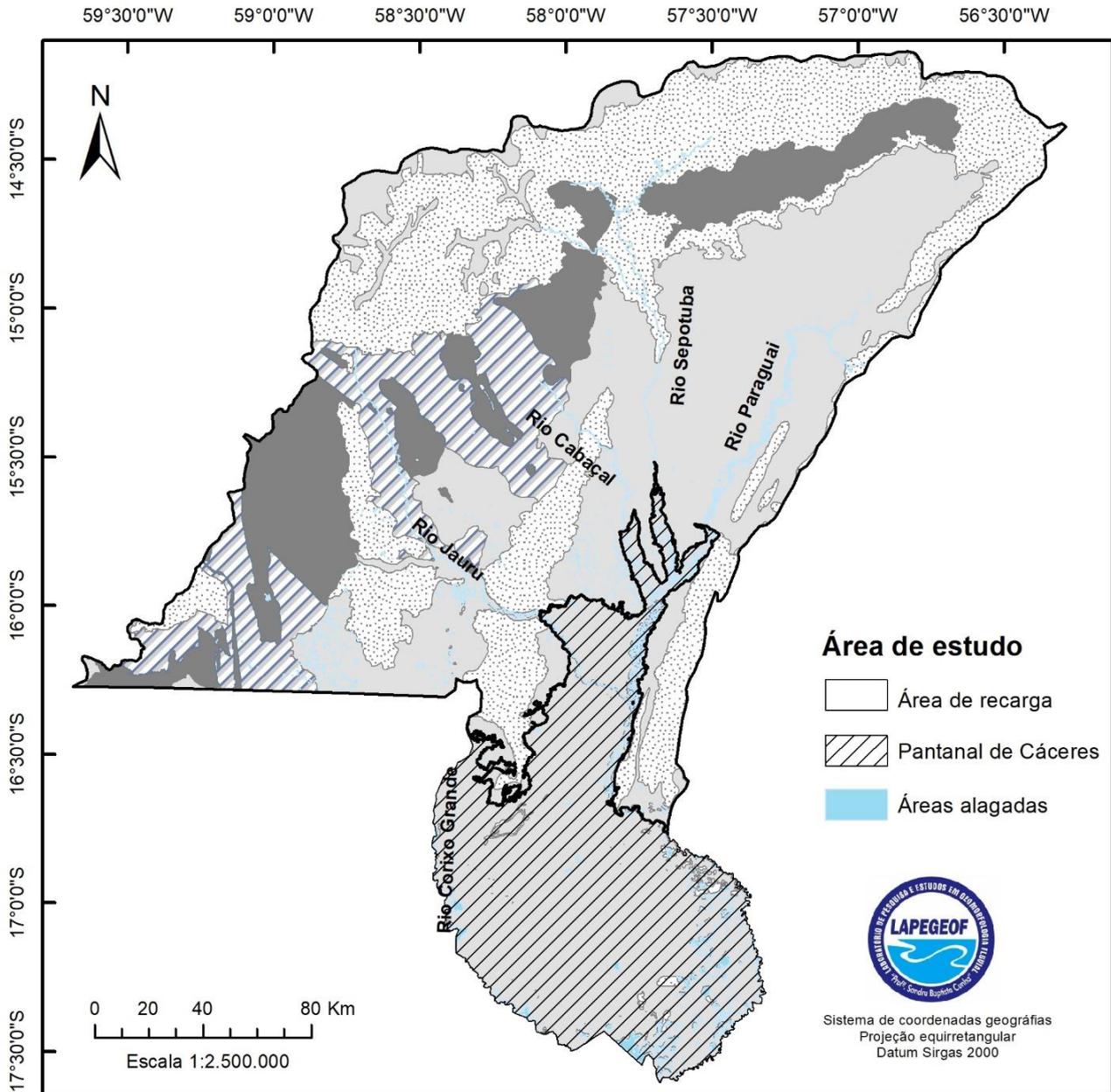
Apesar de algumas unidades geológicas ocuparem uma área inferior a 10% em relação ao montante total da área de estudo, o fato de a escala utilizada para o mapeamento ser de 1: 2.500.000 (ou seja, cada centímetro equivale a 25 Km) derivou a necessidade de assumir para a análise cartográfica, áreas acima de um (1) quilômetro como relevantes em relação à influência na recarga do lençol freático. Deste modo, apenas algumas das unidades geológicas que não são relevantes sendo-as: Suíte Intrusiva Santa Rita, Grupo Alto Paraguai – (Formação Puga), Grupo Aguapeí – (Formação Fortuna, Formação Morro Cristalino, Formação Vale da Promissão), Araras, Membro Inferior, Suíte Intrusiva São Domingos, Suíte Intrusiva Santa Cruz, Suíte Intrusiva Alvorada, Suíte Intrusiva Vale do Alegre, Suíte Intrusiva Guapé, Suíte Intrusiva Figueira Branca, Suíte Intrusiva Água Clara, Complexo Serra do Baú, Corpo Tonalito Cabaçal, Corpo Lajes e Depósitos Pantanosos.

Deste modo, a espacialidade de cada unidade geológica apresentada caracteriza tanto a Área de recarga, quanto a do Pantanal de Cáceres.

A combinação dos fatores apresentados pelas características geológicas: textura, declividade, porosidade e fraturamento das rochas, permitiu mostrar as áreas que caracterizam a captação de água para os aquíferos, por infiltração e percolação, em ambientes estruturais ígneas, metamórficos, sedimentares e materiais superficiais e escoamento superficial.

A Área de recarga contribuiu para o abastecimento do Pantanal de Cáceres devido a atuação dos seguintes processos: escoamento superficial, infiltração e percolação. As diferentes dinâmicas da água estão associadas às características geológicas (textura, porosidade e fraturamento das rochas) e declividade do terreno, conforme (Figura 6). Nas estruturas ígneas e metamórficas predominou o escoamento superficial. E nas estruturas sedimentares predominou a infiltração e percolação.

Figura 6 - Formas de abastecimento hídrico dominantes na Bacia do Alto Paraguai



A capacidade de recarga do lençol freático por infiltração e o processo de escoamento superficial nas diferentes ocorrências geológicas ocorrerem da seguinte forma: no grupo que predomina as rochas ígneas com a presença de materiais finos e a baixa porosidade. Favorecendo o escoamento superficial estão as unidades: Água Clara, Alvorada, Figueira Branca, Guapé, Lajes, Rio Branco, Santa Cruz, Santa Helena, Santa Rita, São Domingos, Serra do Baú, Vale do Alegre, Tonalito Cabaçal e Formação Tapirapuã,

Os materiais de origem ígneas e/ou metamórficas (com fissuras) contribuem para infiltração e percolação da água. São eles: Alto Guaporé, Rio Alegre, Grupo Alto Jauru. Enquanto as rochas sedimentares (fraturas, fendas e alta porosidade) correspondem às Litofácies Araras, Cobertura detrítica-laterítica ferruginosa, Depósitos aluvionares, Depósitos pantanosos, Formação Diamantino, Fortuna, Jauru, Morro Cristalino, Pantanal, Puga, Raizama, Salto das Nuvens, Utiriti e Vale da Promissão.

Tais características, a partir da análise dos dados demonstrados na figura 6, apontam que na Bacia do Alto Paraguai, na área de recarga e Pantanal de Cáceres, ocorre escoamento superficial em 12%. Enquanto que os processos de recarga, até o nível de base, pela infiltração em fissuras, textura porosa, decorre em 88% da área total em estudo.

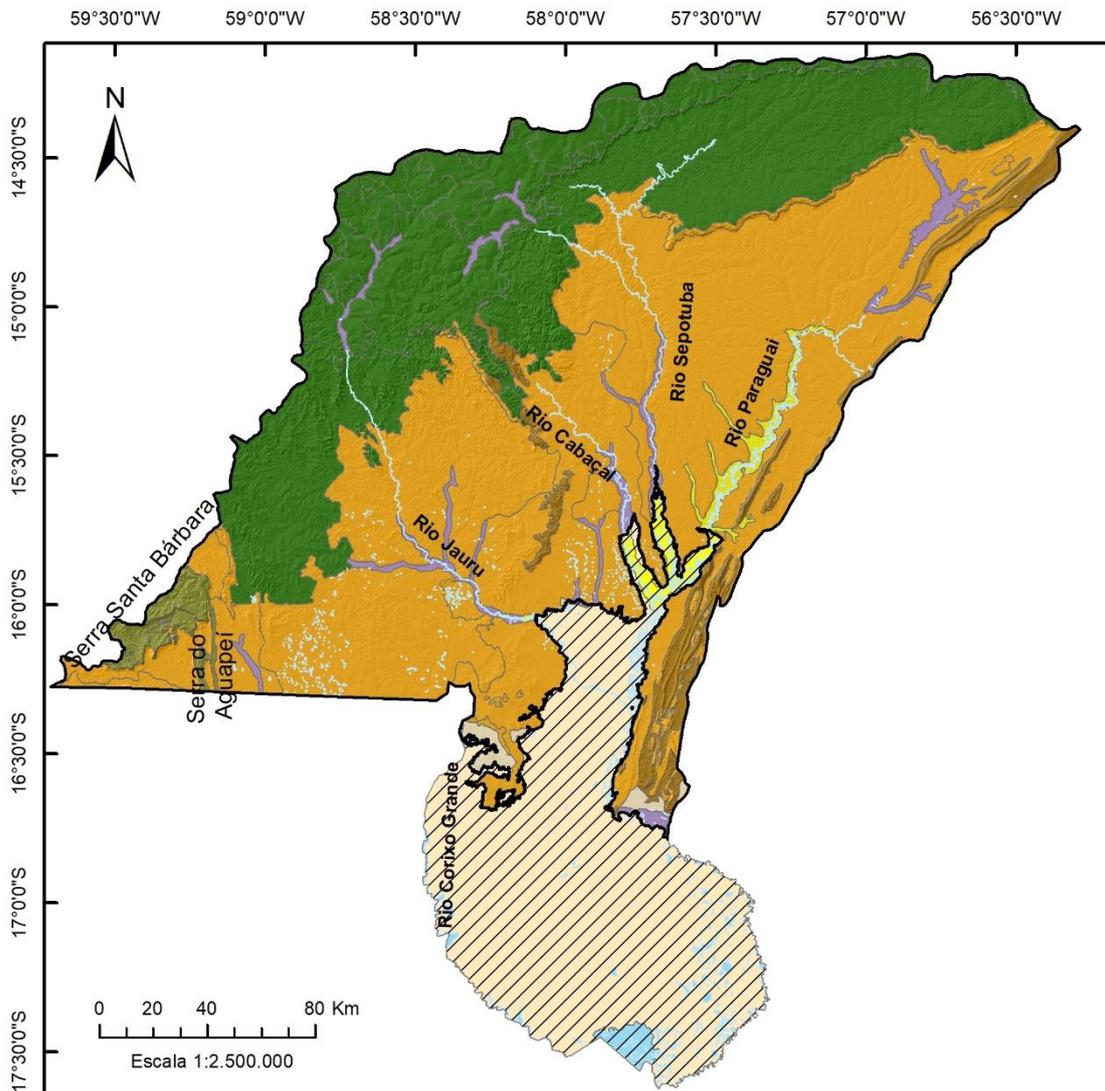
4.1.2 Geomorfologia

Na Geomorfologia da área de estudo destacam-se as seguintes unidades: Planalto dos Parecis, Serra do Roncador, Serra do Caldeirão e Serra do Padre Inácio, Província Serrana (com as serras de Cachoeirinha, do Facão e Morro Grande), a Depressão do Rio Paraguai com os Terraços Fluviais, a Planície Fluvial, a Planície Fluvial e as Planícies e Pantanaís mato-grossense, apresentados na figura 7 e tabela 5.

Na Área de recarga, as unidades que se destacam são: Depressão do Rio Paraguai, abrangendo uma área de 26.945,28 km², o equivalente a 55,37% e o Planalto dos Parecis, divisor de águas a norte da bacia do Alto Paraguai, com área equivalente a 16.982,18 km², 34,37% da área em questão.

O Pantanal de Cáceres, ou seja, a área alagada, é ocupado pelas Planícies e Pantanaís mato-grossense, correspondendo a 11.956,48 km², o equivalente a 96,33% das áreas alagadas.

Figura 7 - Geomorfologia da Bacia do Alto Paraguai



Geomorfologia

- Depressão do Rio Paraguai
- Planalto dos Parecis
- Planícies e Pantanaís Mato-Grossense
- Planície Fluvial
- Província Serrana
- Planaltos Residuais do Alto Guaporé
- Terraço Fluvial

Area de estudo

- Área de recarga
- Pantanal de Cáceres
- Área alagada



Fonte: CRPM - "Geodiversidade" (2010)
 Sistema de coordenadas geográficas
 Projeção equirretangular
 Datum Sirgas 2000

Organizado: o autor (2020).

Tabela 4 – Unidades Geomorfológicas

Área de recarga		
Unidades	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Depressão do Rio Paraguai	26.945,28	55,37
Planalto dos Parecis	16.982,18	34,90
Planície Fluvial	1.333,94	2,74
Planícies e Pantanaís Mato-Grossense	326,8	0,67
Província Serrana	2.541,13	3,77
Planaltos Residuais do Alto Guaporé	705,91	1,46
Terraço Fluvial	536,68	1,10
TOTAL	48.666,00	100,00
Pantanal de Cáceres		
Unidades	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Planície Fluvial	11,82	0,10
Planícies e Pantanaís Mato-Grossense	11.956,48	96,33
Terraço Fluvial	444,26	3,58
TOTAL	12.412,56	100,00

Elaboração: o autor (2020). Em negrito, destaque das unidades predominantes.

4.1.2.1 Planalto dos Parecis

O Planalto dos Parecis constitui a mais extensa e contínua das unidades geomorfológicas, com área de 16.982,18 km², equivalente a 34,90% da área total de estudo. Foi denominada iniciante de Planalto sedimentar dos Parecis. No entanto, estudos posteriores identificaram que a unidade abrangia litologias cristalinas do Pré-Cambriano, permanecendo esta denominação até os dias atuais (BRASIL, 1982).

A unidade abrange uma área que se inicia a oeste com a Depressão do Guaporé, através das escarpas estruturais e/ou dissecadas em formas convexas e aguçadas com direcionamento geral de noroeste para sudoeste. A porção sul aos seus limites são direcionados de oeste a leste no contato através de escarpas erosivas com a Depressão Cuiabana, do Alto Paraguai e Interplanáltica de Paranatinga (BRASIL, 1982).

Segundo Brasil (1982), o Planalto dos Parecis compreende um extenso conjunto de relevo, caracterizado por duas feições distintas esculpidas principalmente nas rochas do Grupo Parecis, que possui estrutura formada pela Formação Salto das Nuvens e Utiriti. Esta mesma estrutura corresponde a uma vasta superfície com relevos dissecados, que em alguns locais, emergem superfícies com alta elevação, do mesmo modo que outra mais conservada. Assim foi denominado o Planalto em Chapada dos Parecis, que possui maior elevação em relação à segunda feição denominada Planalto Dissecado dos Parecis.

A Chapada dos Parecis é compreendida como uma subunidade do Planalto com a maior elevação e possui nos seus limites ligeiro rebaixamento. Tal unidade possui formas diferenciadas a sudoeste e a sul, com a presença de anfiteatros erosivos. A segunda unidade, Planalto Dissecado dos Parecis, possui maior extensão, tendo por característica principal a continuidade relativamente homogênea, com formas predominantemente tabulares dissecadas e que possuem variação de leste a oeste, com diferentes intensidades de formas dissecadas (BRASIL, 1982).

O relevo possibilita os processos de recarga do lençol freático de várias formas, segundo o CPRM (2010). Petri e Fulfaro (2018) consideram a existência de fraturas em vários níveis (pouco, moderado e intensamente fraturada), com presença de brechas, falhas, possuindo estratigrafia de granulação fina, média a grossa, nas rochas que sustentam com potencial hidrogeológico granular/fissural. Segundo Karmann (2001), tais características convergem para que haja alta condutividade hidráulica.

As formas do Planalto dos Parecis correspondem à estruturais – superfícies tabulares aplanadas no topo total ou parcial – e suas escarpas são limitadas por processos de pediplanação. Possuem também patamar estrutural, com relevo escalonado sobre comportamento de degraus topográficos, resultantes de erosão diferencial. Formas Erosivas, constituem-se por superfícies pediplanadas cruzando rochas cambrianas do Grupo Alto Paraguai, Corumbá e devonianas da Formação Furnas. Caracterizam-se também por formas de relevos resultantes do recuo de vertentes, resultando em encostas de declividade baixa, conectando dois planos altimétricos diferenciais, ocorrendo retrabalho superficial por drenagem, geralmente de 1º ordem e entalhe incipiente (BRASIL, 1982).

Compõem ainda as formas do Planalto dos Parecis formas de dissecação aguçadas, por relevo de topo contínuo e aguçado, com diferentes ordens de grandeza e aprofundamento por drenagem, compreendido por vales e formato de V. As formas convexas, apresentam topo convexo, separado por vales de fundo plano. As formas tabulares, apresentam topo plano, com diferentes ordens de altura e profundidade de drenagem, com separação por vales de fundo plano. Possuem também formas de acumulação caracterizadas por Depósitos de origem continental remodelado por ventos (BRASIL, 1982).

4.1.2.2 Província Serrana

A Província Serrana, termo denominado inicialmente para caracterizar sua geologia, ganhou tradição por suas características e permaneceu tal nomenclatura para a comunidade científica. Compreende-se como uma região de dobramentos antigos, com sucessão de sinclinais e anticlinais alongadas. Faz a divisão da Depressão do Alto Paraguai com a Cuiabana. A sua base é constituída por rochas sedimentares intensamente dobradas, com falhamentos e erodidas, estendendo-se por mais de 400 km do Geossinclíneo Paraguai – Araguaia (BRASIL, 1982).

Segundo Souza (2004, p. 15), a Província Serrana, situada à esquerda do rio Paraguai, com composição formada pela presença de arenito da Formação Raizama e Calcário da Formação Araras, possui função de controle de estabilidade na dinâmica do rio, desenvolvendo “curso paralelo às estruturas dobradas e elevadas”. Conforme a autora, “os afluentes da margem esquerda nascem nas serras da Província Serrana, percorrem os vales e deságuam no rio Paraguai, ou espalham-se na planície”. O relevo possibilita a presença de incipientes cársticos, por exemplo, *polgé*, *karr*, *hum* e dolinas, resultantes de penetração vertical da água. São formas que possibilitam a retenção da água das chuvas e a ocorrência de percolação de tais fluidos acontece por meio de fendas, falhamentos e fraturas em rocha porosa que compõe o relevo em questão (LUIZ et al. 1978).

A Província Serrana possui área equivalente a 2.541,13 km², correspondendo a 3,77% da área total. Sua forma estrutural tabular também apresenta superfície aplainada no topo, de forma parcial ou total, coincidindo com a estrutura geológica. Limita-se por escarpas, que possuem processos de pediplanação retrabalhando sua forma. Apresenta também formas de dissecação, que compreende formas aguçadas com relevo de topo contínuo e aguçado. Possui ainda diferentes formas de elevação e profundidade entalhados pela drenagem superficial, separados geralmente por vales em formato de V. Suas formas convexas, possuem também, em alguns locais no topo, relevo convexo no topo. A drenagem também atua e seus vales apresentam fundo plano. Por fim, suas formas tabulares possuem topo plano, com diferenças em ordens de grandeza e profundidade, separados por vales de fundo plano (BRASIL, 1982).

Suas feições são caracterizadas pela presença de sucessivas sinclinais e anticlinais, apresentando alguns processos erosivos trabalhados e que promovem a inversão do relevo. A maior amplitude dos dobramentos situa-se à norte, próximo do contato com o

Planalto dos Parecis, enquanto que o segmento que divide a Depressão do Alto Paraguai e a Cuiabana, possuem dobras de menor amplitude, devido ao estreitamento de suas formas (BRASIL, 1982).

Na porção Sul da Província Serrana, as estruturas apresentam longas cristas, resultantes de elevada dissecação de processos erosivos diferenciados em vários trechos. Assim, é resultado de uma sequência de dobramentos que foram afetados por falhamentos com soerguimentos de blocos. Deste modo, esta porção da Província Serrana apresenta presença de sinclinais alcançadas, anticlinais escavadas, vales em sinclinais, e secundariamente anticlinais total ou parcialmente conservadas (BRASIL, 1982).

4.1.2.3 Planaltos Residuais do Alto Guaporé

Localizado na porção Oeste da área de estudo, os Planaltos Residuais do Alto Guaporé representam um conjunto de serras situadas à sudoeste do Planalto dos Parecis, que caracterizam-se sobre a forma de arco. Na porção localizada no perímetro da área de estudo, envolve apenas a serra Santa Bárbara e um de seus prolongamentos cristalinos denominado de serra do Aguapeí (BRASIL, 1982). Abrange área de 705,91 km², que corresponde a 1,46% da Área de recarga.

A área ocupada, na área de estudo, possui cotas altimétricas que variam entre 500 a 900 metros, formando-se um bloco compactado afunilado. Seu eixo na maior extensão (norte-sul) configura uma extensão de 62,5 km. A porção norte, que abrange a área fora da zona de estudo, possui extensão de 12,5 km, sendo mais estreita que a porção sul, com 40 km de extensão (BRASIL, 1982).

Sua forma do relevo apresenta elevação e dois patamares escalonados são demarcados no limite Oeste, de 40 km. O único relevo cuestasiforme sobre as bordas escarpadas tem ocorrência devido patamares com caimento voltado para Leste. No Extremo Sudoeste, no topo, destaca-se duas bordas sinclinais separadas por uma área dissecada em formas convexas. Enquanto no restante do topo, de patamar mais elevado, ocorre a predominância de dissecação em formatos tabuladores. E no patamar inferior Oeste, predomina formas conservadas com pequenas áreas dissecadas em formas aguçadas junto ao sopé da escarpa do patamar superior. (BRASIL, 1982).

A estrutura litológica é predominantemente sedimentar e pertence ao grupo Aguapeí. A serra Santa Bárbara pode ser entendida por dois compartimentos, são eles: compartimento superior, cujas cotas altimétricas são superiores a 700 metros; e o compartimento inferior, com cotas em 400 a 600 metros (BRASIL, 1982).

A porção superior possui drenagem bem encaixada e orientada pela estrutura, formando trechos retilinizados e ângulos fechados, demonstrando controle estrutural. Os rios da porção leste (Alegre, Minuto, Aguapeí e Córrego das Pedras) correm na linha da fraqueza das rochas, onde esculpiram profundas gargantas que assimilam a *Canyons*. Nas superfícies de estruturas tabulares há a presença de cobertura de vegetação composta por gramíneas, enquanto nas áreas dissecadas há a presença dominante com Savana (Cerrado) Arbórea aberta como cobertura (BRASIL, 1982).

Na porção inferior caracteriza-se uma frente de *cuesta* dissimulada, muito dissecada, com a presença de inúmeros corixos, que possuem suas nascentes e o seu leito entalha e se dirige para o Pantanal do Alto Guaporé. Nesta mesma porção, comporta a vegetação Savana (Cerrado) Arbórea Densa e gramíneas (BRASIL, 1982).

Planaltos Residuais do Alto Guaporé possuem duas características. A primeira é compreendida sobre a ocorrência dos morros cristalinos, formados por arenito fino, de alta porosidade e fraturamento de rochas, que permitem os processos de percolação e infiltração pela presença de fraturas e fendas. A segunda é compreendida de rochas metamórficas (Formação Vale da Promissão, Complexo Serra do Baú e Formação Fortuna), com poucas fraturas a moderado, textura predominantemente argiloso-siltoso e altas declividades em planalto, que favorecem o escoamento superficial (BARROS; PASTORE JUNIOR, 1974).

4.1.2.4 Depressão do Rio Paraguai

Segundo Brasil (1982), localiza-se sobre o contato da Serra Tapirapuã a Norte, a Noroeste, com o Planalto dos Parecis e a Serra do Roncador, com a Província Serrana a Leste, alongando-se a Oeste até as áreas denominadas de interfluviais junto ao médio curso dos tributários (Jauru, Bagres e Aguapeí) do rio Paraguai.

A Depressão do rio Paraguai “corresponde a extensas áreas rebaixadas e drenadas pelos tributários do alto curso do rio Paraguai”. É drenada por sistema hídrico meandrante

divagante por influência da forma do relevo (SOUZA; SOUZA, 2018, p. 49). O relevo caracteriza-se com superfície dissecada e rampeada. Esta forma de relevo inter-relacionado à geologia apresenta em sua maioria superfícies com fendas e fraturas em vários níveis (pouco, moderado e alto). Poucas são as ocorrências de escoamento superficial. A maior parte encontra-se localizada a Norte, no contanto com o Planalto dos Parecis, possuindo também processo hidráulico em nível de base ao se aproximar a sul das Planícies e Pantanaís mato-grossense, terrenos mais baixos e aplainados com intensa saturação.

Compreende extensas áreas rebaixadas e drenadas pelos afluentes do Alto curso do rio Paraguai e apresenta diferenças nas feições por região que caracterizam diferentes altimetrias. Entende-se, também, sobre o recorte da área de estudo, como superfície de relevo pouco dissecado, com baixa declividade de norte a sul se estendendo a oeste, que possui altimetria de 120 a 300 metros (BRASIL, 1982).

Sua forma erosiva é entendida por Pediplano inundado, ou seja, que possui superfície aplanada, produzida por processos de pediplanação. Posteriormente, essa mesma área foi coberta por sedimentos quaternários. É também característica formas de dissecação por topo convexo, com diferentes ordens de grandeza e aprofundamento de drenagem, com separação pela presença de vales de fundo plano. Também apresenta formas tabulares com relevos no topo aplanado, possuindo ainda drenagem com diferentes ordens de grandeza e aprofundamento, separados por vales de fundo plano (BRASIL, 1982).

4.1.2.5 Planície Fluvial e Planícies e Pantanaís mato-grossense

São caracterizadas como áreas expressivamente de acumulação, com frequentes inundações, de caráter fluvial e pluvial. Sua altimetria varia de 80 a 220 metros. Também entendidas por extensas áreas topograficamente planas, formadas pela acumulação de sedimentos quaternários (areias, siltes e sedimentos arenoso-argilosos, parcialmente laterizados), da Formação Guaporé (BRASIL, 1982). As Planícies e Pantanaís mato-grossense constituem-se sobre uma área de 326,80 km², que equivalem a 0,67% da Área de recarga, possuindo assim a maior área no Pantanal de Cáceres, com 11.956,48 km², equivalente a 96,33%.

Possui formas de acumulação inundáveis, com características aplanadas, com ou sem cobertura arenosa. Anualmente possui sistema periódico ou permanente de

alagamento, sobretudo se incorporado ao sistema de drenagem. Apresenta áreas de acumulação inundáveis, com fraco alagamento, do mesmo modo que planície fluvial, ou seja, áreas aplanadas resultantes de acumulação fluvial, de sistema periódico ou permanentemente alagado. Resulta também em uma área plana, derivado da combinação de processos de acumulação fluvial e lacustre, que geralmente exprimem drenagem com canais anastomosados (BRASIL, 1982). A Planície fluvial ocupa 1.333,94 km², 2,74% da Área de recarga e 11,82 km², 0,10% do Pantanal de Cáceres.

Os terraços fluviais são caracterizados dentro das planícies fluviais, como formas determinadas por alterações climáticas, que ao longo do tempo escavaram formas que caracterizavam o leito sobre determinada altura. Os sedimentos encontrados sobre os terraços são em relação aos que são encontrados dentro da calha de drenagem atual (CHRISTOFOLETTI, 1980). Por fim, os terraços fluviais ocupam 536,68 km², 1,10% da Área de recarga, e 444,26 km², 3,58% do Pantanal de Cáceres.

4.1.3 Solos

A disposição de solos na bacia do Alto Paraguai compreende dez tipos na Área de recarga. São eles: (Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolo, Gleissolo Háplico, Latossolo Vermelho-Amarelo, Latossolos Vermelhos, Neossolos Flúvicos, Neossolos Litólicos, Neossolos Quartzarênicos, Nitossolos Vermelhos e Organossolos). E dois tipos no Pantanal de Cáceres: (Planossolos e Plintossolos Argiluvicos), todos apontados na (Tabela 5). Os respectivos tipos de solos são classificados e definidos pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solo – SiBCS, atualizado em 2018.

Os solos são importantes para a rede de drenagem pelo fato de que em locais a que a infiltração ocorre com maior dificuldade e em resposta ao escoamento superficial possibilitam estruturação da rede hidrográfica. Assim, apresenta por consequência maior densidade de drenagem (DEMATTE; DEMÉTRIO, 1996).

Calil et al. (2012) apontam que diferentes solos possuem características diferenciadas, principalmente sobre as classes de solos. Deste modo, solos presentes em menor dissecação do relevo e textura média possuem maior tendência à infiltração da água. A autora aponta o Latossolo como exemplo. Para os solos em descrição topográfica

ondulado ou escarpados, o escoamento superficial é constante em detrimento da infiltração da água em solos com textura mais finas, por exemplo, Argissolos e Cambissolos.

De acordo com os conceitos apresentados pelos autores acima, é possível afirmar que na Área de recarga os solos que favorecem a infiltração e abastecimento dos lençóis freáticos e aquíferos são: Latossolo Vermelho-Amerelo, Latossolo Vermelhos, Neossolo Litólico e Neossolo Quartzarênico. Enquanto que os solos favoráveis ao escoamento superficial são: Plíntossolo Argilúvicos, Cambissolos, Argissolo Vermelho-Amarelo, Organossolo, Gleissolo Háptico, Planossolo, Neossolo Flúvico e Nitossolo Vermelhos.

No Pantanal de Cáceres encontram-se os solos Neossolo Quartzarênico, Neossolo Flúvico, Neossolo Litólico e Latossolo Vermelhos como favoráveis a infiltração e abastecimento da camada de saturação subterrânea e aquíferos. Entretanto, a maior porção de solos correspondem aos que favorecem o escoamento superficial. E são eles: Argissolo Vermelho-Amarelo, Plíntossolo Argilúvicos e Planossolo.

As maiores ocorrências de solo de baixa infiltração se encontram no Pantanal de Cáceres, por ser fundo de vale, ou seja, topograficamente os sedimentos mais finos são transportados e depositados em área mais baixas e alagadas. Esses solos contêm alto teor de matéria orgânica e argila, que contribuem para a baixa infiltração (SANTOS et al. 2018).

O Plíntossolo Argilúvico se destaca no Pantanal de Cáceres e é responsável em permeabilização do mesmo. Tal fato se deve à “segregação localizada de ferro, atuante como agente de cimentação, com capacidade de consolidação acentuada”. Enquanto que o Planossolo, também diminui a capacidade de infiltração local, devido a “acumulação ou concentração intensa de argila no horizonte subsuperficial”, concentração essa, no horizonte B, apesar da desargilização no horizonte A, que apresenta “restrição de permeabilidade em subsuperfície, que interfere na infiltração e no regime hídrico” (SANTOS et al. 2018, p. 35).

Segundo Corrêa et al. (2013, p. 1), a origem dos Plintossolos contempla a presença expressiva de plintitas, formadas por “constantes ciclos redox nos solos”, e petroplintitas, formadas de processos físicos e químicos relacionados com a “mudança climática ou movimentos tectônicos” e o contato com o lençol freático. Deste modo, o Plintossolo no Pantanal de Cáceres é consequência da atual variação do nível do lençol freático.

E os Planossolos resultam por meio da deposição de argilas da Formação Pantanal (CORINGA et al. 2012). O mesmo passa por metamorfoses, segundo Beirigo et al. (2011,

p. 24), que ocorrem “processos pedogenéticos que geram o horizonte plânico e são os que causam a diferenciação textural, acumulação e/ou redistribuição da fração argila nos solos”.

Tabela 5 - Solos da Área de recarga e Pantanal de Cáceres

Área de recarga		
	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Latossolo Vermelho-Amerelo	13.188,98	27,10
Plíntossolo Argilúvicos	911,24	1,87
Cambissolos	1.046,58	2,15
Neossolo Flúvico	676,05	1,39
Latossolo Vermelhos	2.986,12	6,14
Neossolo Litólico	2.272,24	4,67
Neossolo Quartzarênico	10.694,12	21,97
Argissolo Vermelho-Amarelo	16.293,73	33,48
Organossolo	78,20	0,16
Gleissolo Háptico	20,45	0,04
Planossolo	398,60	0,82
Nitossolo Vermelhos	99,69	0,20
TOTAL	48.666,00	100,00
Pantanal de Cáceres		
SiBCS 2018	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Argissolo Vermelho-Amarelo	137,46	1,11
Neossolo Quartzarênico	27,35	0,22
Plíntossolo Argilúvicos	5.269,53	42,45
Planossolo	6.068,34	48,89
Neossolo Flúvico	886,86	7,14
Latossolo Vermelhos	17,56	0,14
Neossolo Litólico	5,46	0,04
Gleissolo	-----	-----
TOTAL	12.412,56	100,00

Fonte: SiBCS (2018). **Elaboração:** o autor (2020).

Em negrito, destaque das unidades predominantes.

Os solos identificados na Área de recarga são: Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolos, Gleissolo Háptico, Neossolo Flúvico, Neossolo Litólico, Latossolo Vermelho-Amerelo, Latossolo Vermelhos, Neossolo Quartzarênico, Nitossolo Vermelhos, Organossolo, Planossolo e Plíntossolo Argilúvicos.

Enquanto que no Pantanal-norte identificou-se os respectivos solos: Argissolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelhos, Neossolo Flúvico, Neossolo Litólico, Neossolo Quartzarênico, Planossolo e Plíntossolo Argilúvicos. Apesar de não terem sido mapeados na edição de 2018 do SiBCS, no Pantanal de Cáceres os Gleissolos se fazem presente.

Os pesquisadores Soares, Silva e Ferrari (2006, p. 283) ao compilarem a base de dados da edição anterior do SiBCS 2006, identificaram a presença de Gleissolo, afirmando que “são significativas áreas que ocorrem ao longo dos rios Paraguai”. Os autores afirmam que o rio Paraguai por ser “rio típico de planície que ainda não definiu seu leito, apresenta uma extensa área inundável, onde há predominância desses solos”. As características deste solo são de alta porcentagem de extrato “Eutrófico (valor V% >50%)”, com presença de “argila com alta capacidade de troca de cátions (Ta)”.

4.1.3.1 Argissolos Vermelho-Amarelo

Compõe a maior área do Pantanal de Cáceres, com 16.293,73 Km² (33,48%) da Área de recarga e 137,46 km² (1,11%) do Pantanal de Cáceres. Suas características decorrem da presença de horizonte B textural, logo abaixo do A e E. Possui baixa ou alta atividade com argila e a condição para tal é a conjugação com a saturação por bases baixa ou com caráter alumínico na maior parte do horizonte B. Distingue-se pela cor, pois apresenta cores vermelho-amareladas e/ou amarelo avermelhadas (SANTOS et al. 2018).

E podem também apresentar variações, ou seja, solos com argila de atividade alta e caráter alumínico na maior parte dos cem (100) cm do horizonte B – inclusive AB - (Ta Alumínicos). Pode apenas apresentar caráter alumínico na primeira parte dos cem (100) cm do horizonte B – Inclusive AB - (Alumínicos). Outro aspecto que pode ser encontrado é solos com alta saturação por bases (<50%), na maior parte dos primeiros cem (100) cm do horizonte B – inclusive AB - (Ta Distróficos); do mesmo modo, compreende solos com saturação por base <50%, ambas na maior parte com cem (100) cm do horizonte B – inclusive AB – (Distrófico). Por fim, há solos com saturação por base $\geq 50\%$ na maior parte dos cem (100) cm do horizonte B – inclusive AB – (Eutróficos) (SANTOS et al. 2018).

Os Argissolos vão desde forte a imperfeitamente drenados (SANTOS et al. 2018). Essas características dependem do teor de argila superficial, podendo apresentar macroporosidade mais elevada em razão do decréscimo da mesma nos horizontes mais inferiores com adição de maior proporção de areia, e que contribuem para uma alta drenagem livre, ou seja, maior infiltração de água no solo, favorecido pela fração areia total (SOUZA MELO et al. 2014). Deste modo, observa-se que estes tipos de solos apresentam drenagem que pode ocorrer por escoamento superficial e também por infiltração.

4.1.3.2 Cambissolos

Os Cambissolos apresentam solos formados por material mineral do horizonte B incipiente, subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial ou horizonte A chernozênico, quando o B incipiente apresenta argila de atividade alta e saturação por bases alta. Representa 2,15% da área de estudo, o equivalente a 1.046,58 Km², apenas na Área de recarga (SANTOS et al. 2018).

Devido às variações de relevo e clima, os Cambissolos variam de solos fortemente a imperfeitamente drenados, de rasos a profundos (SANTOS et al. 2018). Os mesmos, encontram-se localizados nas áreas mais próximas do divisor de águas, ou seja, declividade moderada, com predominância de argila e clima tropical húmido, e caracterizam por sua importância no escoamento superficial.

4.1.3.3 Gleissolos Háptico

Com 20,45 Km², correspondendo a 0,04%, apenas na Área de recarga, compreende-se os Gleissolos Hápticos por material mineral com horizonte glei, com início a partir dos cinquenta (50) cm da superfície do solo, ou de cinquenta (50) a cento e cinquenta (150) cm desde que prontamente abaixo do A ou E, ou até mesmo se possuir horizonte hístico com espessura insuficiente para ser caracterizado como Organossolo. (SANTOS et al. 2018).

Suas características são de cores cinzas com pequenos pigmentos amarelados. Pode apresentar atributos variados, com solos de caráter carbonático em um ou mais horizontes ou camadas, ou com horizonte cálcico, ambos de cem (100) cm a partir da superfície do solo (Carbonáticos). Pode também apresentar solos de caráter sódico e um ou mais horizontes até cem (100) cm a partir da superfície (Sódicos), do mesmo modo, pode possuir traços de argila com alta atividade e caráter alumínico na maior parte do horizonte B e/ou C – inclusive BA ou CA (Ta Alumínicos) (SANTOS et al. 2018).

Os Gleissolos Háptico correspondem a solos com argila de alta atividade e saturação menor que 50%, ambas sobre os horizontes B e/ou C desde a superfície até cem (100) cm (Ta Distrófico). Do mesmo modo que pode possuir solos com argila de alta atividade e saturação $\geq 50\%$, ambas na maior parte do horizonte B e/ou C dentro de cem (100) cm a partir da superfície. Os solos com baixa atividade e de caráter alumínico na maior parte do

horizonte B e/ou C, a partir da superfície até cem (100) cm de profundidade, são denominados de Alumínicos (Tb Alumínico). Apresenta ainda solos com argila de baixa atividade e saturação por bases inferior a 50%, ambas na maior parte nos horizontes B e/ou C, entre os cem (100) primeiros centímetros a partir da superfície. Por fim, pode apresentar solos com argila de atividade baixa e saturação $\geq 50\%$, também sobre os horizontes B e/ou C nos cem (100) primeiros centímetros (SANTOS et al. 2018).

Conforme o levantamento feito por Santos et al. (2018, p. 98), na constituição do SiBCS 2018, os Gleissolos se encontram “permanentemente ou periodicamente inundados”. Esses solos com “água estagnada internamente ou a saturação ocorre por fluxo lateral no solo”. Podem também apresentar oscilação, a água do solo se elevar por “ascensão capilar”, alcançando a superfície.

4.1.3.4 Latossolos Vermelho-Amarelo

O Latossolos Vermelho-Amarelo ocupa uma área de 13.188,98 km² (27,10%) na Área de recarga. Tem por características solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico precedido de qualquer tipo de horizonte A de duzentos (200) centímetros de solos ou trezentos (300) centímetros, se o horizonte A apresentar mais que cento e cinquenta (150) cm de espessura (SANTOS et al. 2018).

Outros atributos desse respectivo solo são apresentar cores vermelho-amareladas e/ou amarelo-avermelhadas. Pode apresentar características diversas, como solos de caráter ácrico em um ou mais horizontes, numa distância de até cento e cinquenta (150) centímetros a partir da superfície (Ácricos). Apresenta composição química de Fe₂O₃ (pelo H₂SO₄) de 180g kg⁻¹ a <360g km⁻¹ na porção superficial até cem (100) centímetros (Acriférricos). Também pode haver a presença de solos com caráter alumínico nos cento e cinquenta (150) centímetros a partir da superfície (Alumínicos). Do mesmo modo que surgem solos com saturação por bases menor que 50% e teores de óxido de ferro (Fe₂O₃, pelo H₂SO₄) de 180g kg⁻¹ a <360g km⁻¹, ambos presentes nos cem (100) cm do horizonte B (Distroférricos) (SANTOS et al. 2018).

Os Latossolos Vermelho-Amarelo apresentam também solos com saturação inferior a cinquenta por cento (50%), na maior parte dos cem (100) primeiros centímetros do horizonte B – inclusive AB – (Distróficos), e solos com saturação $\geq 50\%$ na maior parte dos cem (100) primeiros centímetros do horizonte B - inclusive BA – (Eutróficos).

Apresentam variação de fortemente, bem drenadas, drenagem moderada ou até mesmo imperfeitamente drenada, que “é indicativo de formação em condições atuais ou pretéritas com um certo grau de gleização”. Esta variação ocorre nas camadas superiores, o “incremento de argila é pouco expressivo, ou inexistente”. No entanto, as frações de argila vão aumentando de acordo com a profundidade, ou “permanecem constantes ao longo do perfil” (SANTOS et al. 2018, p. 99).

4.1.3.5 Latossolos Vermelho

Os Latossolos Vermelho apresentam material mineral, de horizonte B latossólico, o que difere do Vermelho-Amarelo, inicialmente é a cor com matiz 7, 5YR ou mais amarelados na maior parte dos cem (100) primeiros centímetros do horizonte B – inclusive BA. Apresenta também características Acrefêrricos, Ácricos, Alumínicos, Distrofêrricos, Distróficos e Eutróficos, já mencionado em parágrafos anteriores. Recobre uma área no Pantanal de Cáceres de 2.986,12 km² (6,14 %) na Área de recarga e 17,56 km² (0, 14%) no Pantanal de Cáceres (SANTOS et al. 2018).

Não difere da drenagem apresentada em Latossolos Vermelho-Amarelo. No entanto, segundo Santos et al. (2018, p. 99), pela deposição de constituintes minerais, tais como, óxidos e hidróxidos de ferro, “segundo condicionamento de regime hídrico e drenagem do solo, dos teores de ferro no material de origem e se a hematita é herdada ou não”, pode haver alteração que condicionará a cor (vermelho-escuro-acinzentadas).

4.1.3.6 Neossolos Flúvicos

Os neossolos são considerados pouco evoluídos devido a sua constituição de material mineral ou orgânico com menos de vinte (20) centímetros de espessura, deste modo, não apresenta, por diagnóstico, nenhum horizonte B. Sua maior propriedade se expressa por sedimentos aluviais com horizonte A, depositados em camadas ou por horizonte C, que apresenta caráter flúvico entre cento e cinquenta (150) cm da superfície do solo. Abrange uma pequena porção central equivalente a 676,05 km² (1, 39%) na Área de recarga e 886,86 km² (7,14%), no Pantanal de Cáceres (SANTOS et al. 2018).

Outras características e variações podem ser expressas, por exemplo, solos de caráter carbonático em um ou mais horizontes ou camadas, ou até mesmo com horizonte

cálcico, todos até cento e cinquenta (150) a partir da superfície do solo (Carbonáticos). Os solos com caráter sódico em um ou mais horizontes ou camadas dentro de cento e cinquenta (150) centímetros iniciando na superfície do solo (SANTOS et al. 2018).

Compreendem, também, solos com predominância de texturas arenosas nos primeiros cento e cinquenta (150) centímetros, possibilitando a presença de textura média (Psamíticos); a presença de argila com atividade alta e saturação por bases $\geq 50\%$, essas características são encontradas na maior parte do horizonte ou camada C (Ta Eutróficos); solos com a presença de argila com atividade baixa e saturação inferior 50%, estas mesma também com maior parte do horizonte ou camada C, com profundidade até cento e cinquenta (150) centímetros (Tb Distróficos); por fim, solos argilosos com atividade baixa e saturação $\geq 50\%$, compreendido na maior parte do horizonte ou camada C nos primeiros cento e cinquenta (150) centímetros (Tb Estróficos) (SANTOS et al. 2018).

Estes solos encontram-se nos domínios da planície várzeas, planícies fluviais e terraços Aluvionares, ao longo das linhas de drenagens das principais bacias hidrográficas. São solos recentes do período Quaternário, com características minerais não didromólicas. Sua composição foi estabelecida através da deposição por sobreposição de camadas de sedimentos aluviais recentes, sem vínculo pedogenético. Outras características indicam que os Neossolos flúvicos apresentam riscos de inundação, excesso de umidade pela presença do lençol freático em proximidade com a superfície (SANTOS et al. 2018). Essas características apontam abastecimento por escoamento superficial no Pantanal de Cáceres.

4.1.3.7 Neossolos Litólicos

Segundo O SiBCS, publicado por Santos et al. (2018), os Neossolos Litólicos possuem contato lítico ou lítico fragmentário dentro dos cinquenta (50) centímetros a partir da superfície do solo. Revela horizonte A ou hístico ausente, diretamente sobre o extrato rochoso ou sobre o horizonte C/Cr, sobrepondo com 90% ou mais de sua massa composta por fragmentos grosseiros com diâmetros superiores a dois (2) milímetros. É encontrado fragmentado na área de estudo, sendo parte no Norte, Oeste e central, ocupando 2.272,24 km² (4,67%) na Área de recarga e 5,46 km² (0,04%) no Pantanal de Cáceres.

Caracteriza-se por solos com horizonte hístico (Hísticos); solos com horizonte A húmico (Húmicos); solos com caráter carbonático em um ou mais horizontes ou camadas ou até mesmo com horizonte cálcico. Todos localizados entre cinquenta (50) centímetros da superfície do solo (Carbonáticos). Apresentam, também, solos chernozêmico e argila de atividade $\geq 20 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de argila na maior parte do horizonte C (Chernossólicos). Do mesmo modo que podem apresentar solos com saturação por bases menor que 50% na maior parte dos horizontes, nos cinquenta (50) primeiros centímetros (Distróficos); finalmente, solos por saturação de base $\geq 50\%$ na maior parte dos horizontes dentro dos cinquenta (50) centímetros a partir da superfície do solo (Eutróficos) (SANTOS et al. 2018).

Santos et al. (2018) e Oliveira (2017) descrevem que os Neossolos Litólicos podem apresentar granulação de sedimentos arenoso e pouca ocorrência de argila, somados a sobreposição inferior composta por fragmentos grosseiros (cascalheira de quartzo), alcançando diâmetros superiores a 2 mm (cascalhos, calhaus e matacões). Deste modo, admite-se que o respectivo solo possui drenagem excessiva, sendo favorável à infiltração.

4.1.3.8 Neossolos Quartizarênicos

Este tipo de solo apresenta contato lítico ou fragmentado nos primeiros cinquenta (50) centímetros, com horizontes em sequência equivalente a A-C, no entanto, encontra-se textura arenosa em todos os horizontes até cento e cinquenta (150) centímetros, no mínimo, da superfície do solo. Sua composição arenosa é composta por areia grossa e fina, com 95% de quartzo ou mais, calcedônia e opala, com praticamente ausência de minerais primários, ou seja, ausência de minerais resistentes ao intemperismo. Ocupa uma área considerável na porção norte da área de estudo, corresponde a 10.694,12 km² (21,97%) na Área de recarga e 27,35 km² (0,22%) no Pantanal de Cáceres (SANTOS et al. 2018).

Apresentam, também, solos com a presença do lençol freático elevado durante a maior parte do ano. Possui drenagem imperfeita e pode apresentar horizonte H hístico; saturação da água permanente na proximidade de cinquenta (50) centímetros da superfície; em épocas de seca, o lençol freático demonstra-se presente em cento e cinquenta (150) centímetros; pode apresentar lençol freático dentro de cinquenta (50) centímetros superficiais durante algum tempo, mas para que isso ocorra, deve possuir drenagem

artificial e alguns requisitos, tais como, presença de acumulação de ferro e manganês, do mesmo modo que alguns índices apresentados por cores (SANTOS et al. 2018).

Os Neossolos Quartizarênicos têm importante função para o abastecimento do Pantanal, principalmente por possuírem características texturais arenosas e arenosa-franca, originárias de rochas de arenito ortoquartzitos, que formam a litologia local. Ocorre, também, demasiada drenagem, o que colabora para a recarga do lençol freático (OLIVEIRA, 2017).

4.1.3.9 Nitossolos Vermelhos

Os Nitossolos Vermelhos são constituídos por material mineral com 350 g kg⁻¹ ou mais, de argila, inclusive, no horizonte A, que apresentam horizonte B nítico abaixo do horizonte A. A presença do horizonte B nítico apresenta argila de atividade baixa ou atividade alta conjugada com caráter alumínico. Essas características são encontradas nos cem (100) primeiros centímetros do horizonte B. Localizado fragmentado e em pequenas porções ao norte, ocupa 99,69 km², o equivalente a apenas 0,20% da Área de recarga (SANTOS et al. 2018).

As características dos Nitossolos Vermelhos correspondem a solos com matiz 2, 5YR ou mais, vermelho, na maior parte do horizonte B, seguindo do início até cem (100) centímetros. Apresentam, ainda, solos com argila de atividade alta e caráter alumínico na maior parte dos cem (100) centímetros do horizonte B (Ta Alumínicos); solos apenas com caráter alumínico na maior parte dos cem (100) primeiros centímetros do horizonte B (Alumínicos); solos com saturação por base inferior a 50% e teores de Fe₂O₃ de 150 g kg⁻¹ a < 360 g kg⁻¹ de solo, isto concentrado na maior parte dos primeiros cem (100) centímetros do horizonte B (Distróferrico) (SANTOS et al. 2018).

Expressam também solos com saturação inferior a 50% na maior parte dos cem (100) primeiros centímetros do horizonte B (Distróficos); solos com saturação por base ≥ 50% e teores de Fe₂O₃ de 150 g kg⁻¹ a < 360 g kg⁻¹, ambos na maior parte dos cem (100) centímetros do horizonte B (Eutroféricos); e finalmente, solos com saturação ≥ 50% na maior parte dos cem (100) primeiros centímetros do horizonte B (eutróficos) (SANTOS et al. 2018).

Apresenta textura argilosa ou muito argilosa desde a superfície. Possuem características que demonstram estrutura em blocos subangulares ou angulares ou prismática, de grau moderado ou forte, com cerosidade expressiva e/ou caráter retrátil, contêm restrição à drenagem devido o contato lítico na subsuperfície colaborando com o escoamento superficial (SANTOS et al. 2018).

4.1.3.10 Organossolos

São solos constituídos por matéria orgânica e que apresentam horizonte hístico. Podem ter nos primeiros sessenta (60) centímetros de espessura 75% ou mais de matéria orgânica, constituindo tecido vegetal sobre o solo, em forma de ramos finos, raízes finas, cascas de árvores e etc., suprimindo os organismos vivos. Apresenta saturação com água no máximo 30 dias consecutivos por ano, durante o período chuvoso e possui, como mencionado, horizonte hístico. Encontrado em uma pequena porção da área de estudo, ao norte na Área de recarga, representando 0,16%, equivalente a 78,20 km² (SANTOS et al. 2018).

4.1.3.11 Planossolos

Os Planossolos são entendidos por solos constituídos por material mineral com horizonte A ou E, seguido pelo horizonte B plânico, no entanto, não pode possuir caráter sódico. Localizado exclusivamente na área do Pantanal de Cáceres e ocupa 398,60 km² (0,82%) na Área de recarga e 6.068,34 km² (48,89%), no Pantanal de Cáceres (SANTOS et al. 2018).

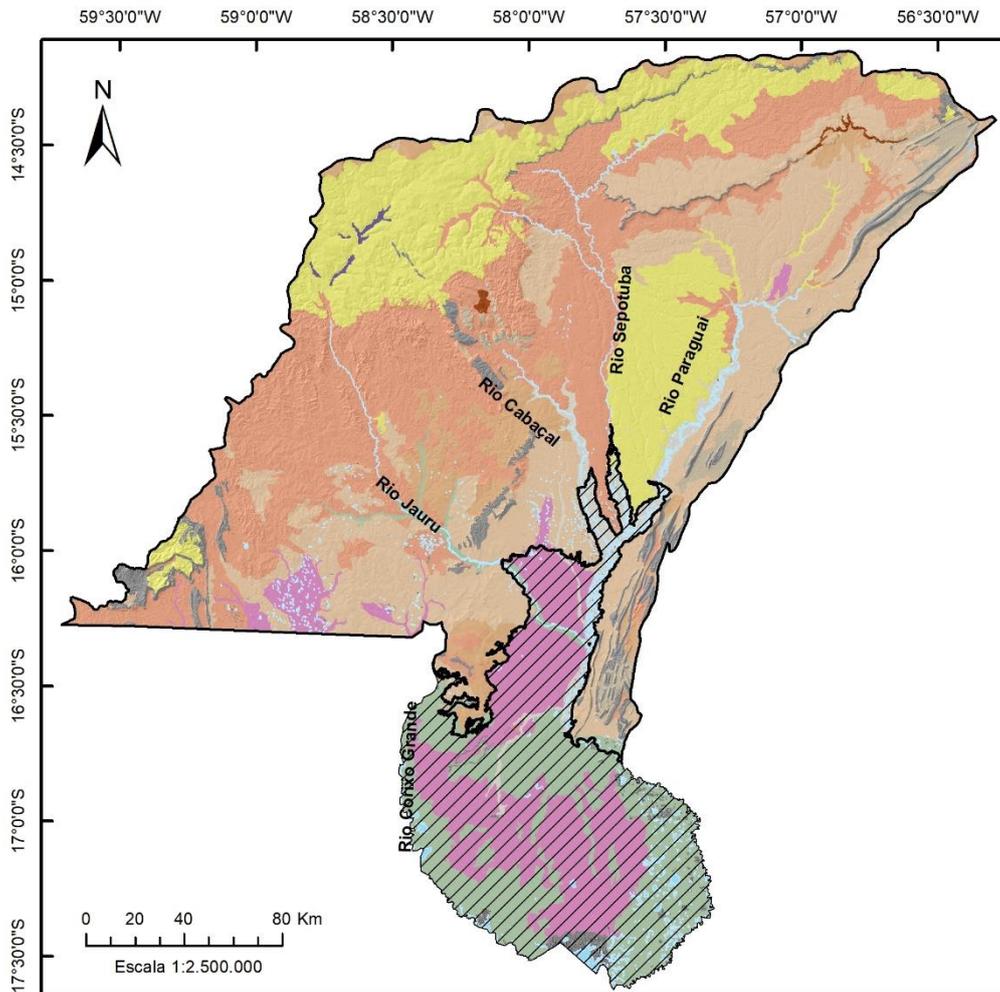
Santos et al. (2018, p. 91) conclui que os Planossolos são “solos minerais imperfeitamente ou mal drenados”, com acentuada concentração de argila e “permeabilidade lenta ou muito lenta”, podendo apresentar horizonte pã, “responsável pela formação de lençol d’água sobreposto (suspensão)”, manifestando “existência periódica durante o ano”.

4.1.3.12 Plintossolos Argilúvicos

Os Plintossolos são compreendidos por solos constituídos por material mineral que apresenta horizonte plíntico, litoplíntico ou concrecionário, iniciando dentre de quarenta (40) centímetros da superfície ou iniciando em duzentos (200) centímetros precedidos por horizonte glei, ou imediatamente abaixo dos horizontes A, E ou de qualquer outro horizonte que possuam cores pálidas, variegadas ou com mosqueados em elevada quantidade. Divide-se no Pantanal de Cáceres junto aos Planossolos, ocupa 1,87% da Área de recarga, o equivalente a 911,24 km², enquanto no Pantanal de Cáceres ocupa 42,45%, o equivalente a 5.269,53 km² (SANTOS et al. 2018).

Assim, constituem-se Plintossolo Argilúvico solos com horizonte plíntico e horizonte B textural ou caráter argilúvico. Pode apresentar variações que vão de solos com caráter alumínico na maior parte do horizonte B e/ou C, com os cem (100) primeiros centímetros (Alumínicos); solos com saturação inferior a 50% na maior parte dos cem (100) primeiros centímetros do horizonte B e/ou C (Distróficos) e solos com saturação $\geq 50\%$ na maior parte dos cem (100) primeiros centímetros do horizonte B e/ou C (Eutróficos) (SANTOS et al. 2018), conforme (Figura 8).

Figura 8 - Solos da Bacia do Alto Paraguai



Solos

- Argissolos Vermelho-Amarelo
- Cambissolos
- Gleissolos Háptico
- Latossolos Vermelho-Amerelo
- Latossolos Vermelhos
- Neossolos Flúvicos
- Neossolos Litólicos
- Neossolos Quartzarênicos
- Nitossolos Vermelhos
- Organossolos
- Planossolos
- Plintossolos Argilúvicos

Area de estudo

- Área de recarga
- Pantanal de Cáceres
- Área alagada



Fonte: Projeto de Desenvolvimento Agroambiental do Estado de Mato Grosso - SEPLAN (2001)
 Sistema de coordenadas geográficas
 Projeção equirretangular
 Datum Sirgas 2000

Organizado: o autor (2020).

4.2 Uso e cobertura da terra

As classes de usos e cobertura da terra na Área de recarga (planalto e depressão) correspondem ao cerrado, área florestal, águas continentais, mineração, áreas urbanas, culturas permanentes e temporárias e pastagem. São essas as atividades: (núcleos urbanos, pecuária, agricultura e mineração). A pastagem predomina sobre a área, sendo uma atividade crescente na região e é preocupante o avanço sobre as áreas naturais, conforme apresentado na tabela 6 e figura 9.

Tabela 6 - Área e porcentagem das classes de uso e cobertura

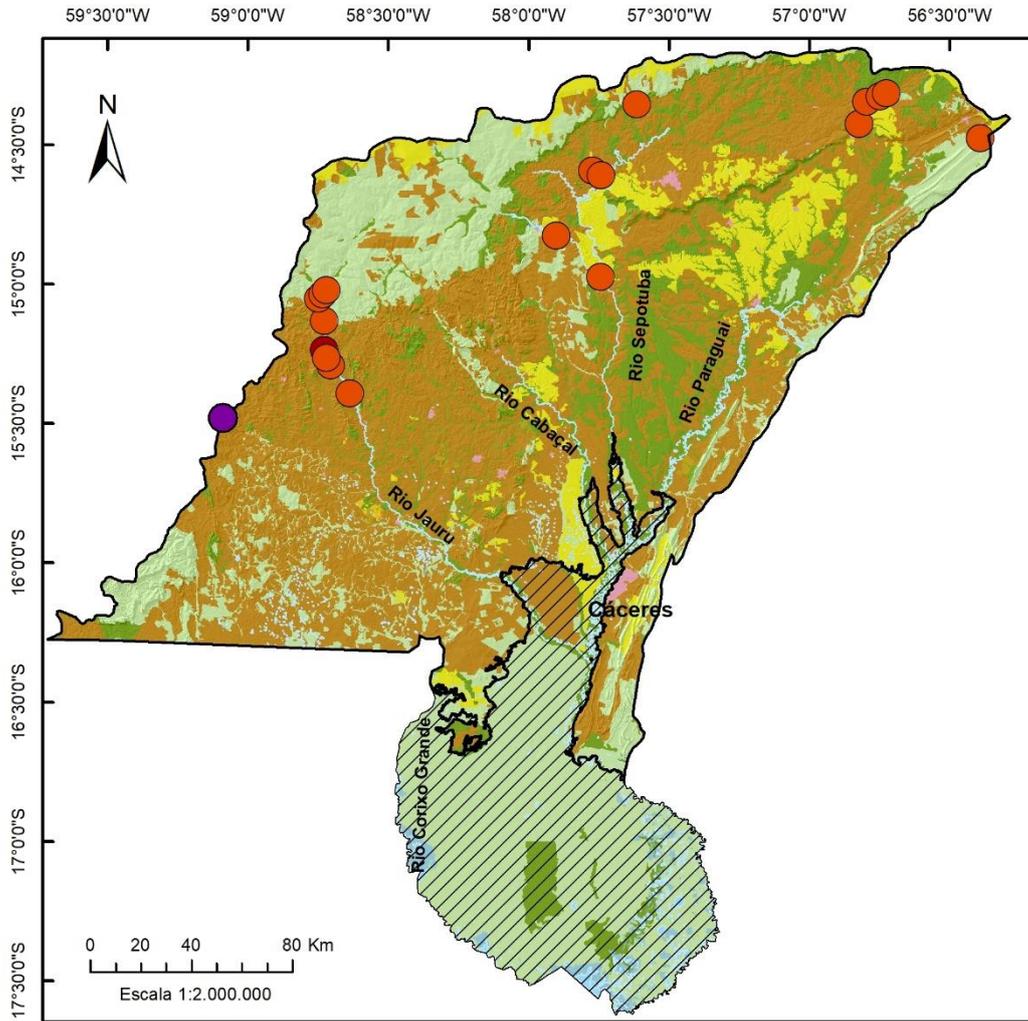
Área de recarga		
Classes	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Área Cerrado (Campestre)	9.887,18	20,32
Área Florestal	7.597,14	15,61
Águas Continentais	76,88	0,16
Áreas de Mineração	0,60	0,00
Áreas Urbanizadas	205,77	0,42
Culturas Permanentes	44,68	0,09
Culturas Temporárias	4.327,97	8,89
Pastagens	26.522,00	54,50
Uso Não Identificado	3,78	0,01
TOTAL	48.666,00	100,00
Pantanal de Cáceres		
Classes	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Área Cerrado (Campestre)	9.215,80	74,25
Área Florestal	1.432,95	11,54
Águas Continentais	863,44	6,96
Áreas Urbanizadas	1,60	0,01
Culturas Temporárias	160,90	1,30
Pastagens	737,86	5,94
Silvicultura	0,01	0,00
TOTAL	12.412,56	100,00

Organizado: o autor (2020).

Em **negrito**, destaque das classes predominantes.

No Pantanal de Cáceres os tipos de usos e cobertura são: cerrado, área florestal, áreas urbanas, culturas temporárias, pastagem e silvicultura. O cerrado prevalece sobre as demais classes e isso indica que há conservação do bioma. A degradação no Pantanal de Cáceres está relacionada à urbanização, pastagem, uso direto do rio Paraguai e queimadas, por estar vinculado ao uso da terra na Área de recarga, principalmente o aporte de sedimentos.

Figura 9 – Uso e cobertura na Bacia do Alto Paraguai em 2018



Uso e Cobertura

- Culturas Permanentes
- Culturas Temporárias
- Pastagens
- Silvicultura
- Áreas Urbanizadas
- Área de Cerrado
- Área Florestal
- Área de Mineração
- Barramento: UEH
- Barramento: PCH

Area de estudo

- Área de recarga
- Pantanal de Cáceres
- Área alagada



Fonte: geociências - IBGE (2019)
 Sistema de coordenadas geográficas
 Projeção equirretangular
 Datum Sirgas 2000

Organizado pelo autor

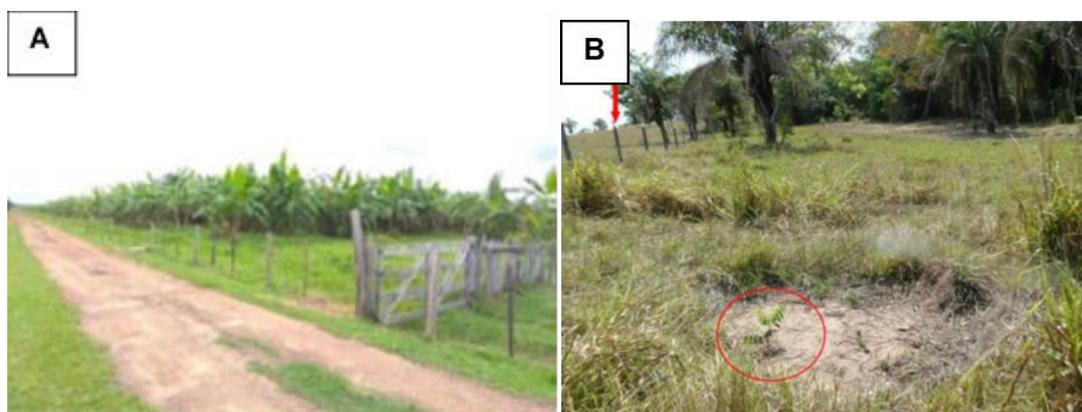
4.2.1 Culturas permanentes

As culturas permanentes localizadas de forma distribuída, mas fragmentada, na área de estudo, são definidas como áreas antrópicas agrícolas, com utilização de árvores frutíferas permanentes. Corresponde a 44,68 km² da Área de recarga, o que representa 0,09%. São identificados cultivos de abacate, banana, cajá-manga, caju fruto, goiaba, jamelão, mamão, manga, maracujá, laranja-lima, limão, mexerica, babaçu, pequi, etc. (IBGE, 2013).

Geralmente, esses tipos de plantios são realizados em pequenas propriedades (chácaras e sítios) e quintais. Os municípios que produzem de formas incipientes são Cáceres, Rio Branco e Mirassol D'Oeste. No município de Curvelândia, destaca-se a presença de cultura permanente (frutíferas) na bacia.

Os estudos efetuados na Bacia do Alto Paraguai registram a introdução de árvores frutíferas na vegetação remanescente, sendo observado no entorno de nascentes e margens de córregos e rios. Souza (2015) menciona a presença de plantas frutíferas em várias margens, descaracterizando mata ciliar natural. A ocorrência de espécies frutíferas nas margens de córregos e rios é indicada por Santos (2013), como medida de reflorestamento, como plantios de cajá, figueira, bananeiras, ingá, entre outros. Bühler (2011) destaca que no ambiente fluvial da baía do Sadao, nas proximidades da cidade de Cáceres, ocorreu a remoção da vegetação ciliar natural, e em seu lugar, plantou-se espécies frutíferas exóticas, demonstrado na figura 10.

Figura 10 – (A) Plantio de bananeiras e (B) plantio de espécie frutífera em área de mata ciliar.



Fonte: (A) Lima (2018); (B) Santos (2013).

4.2.2 Culturas temporárias

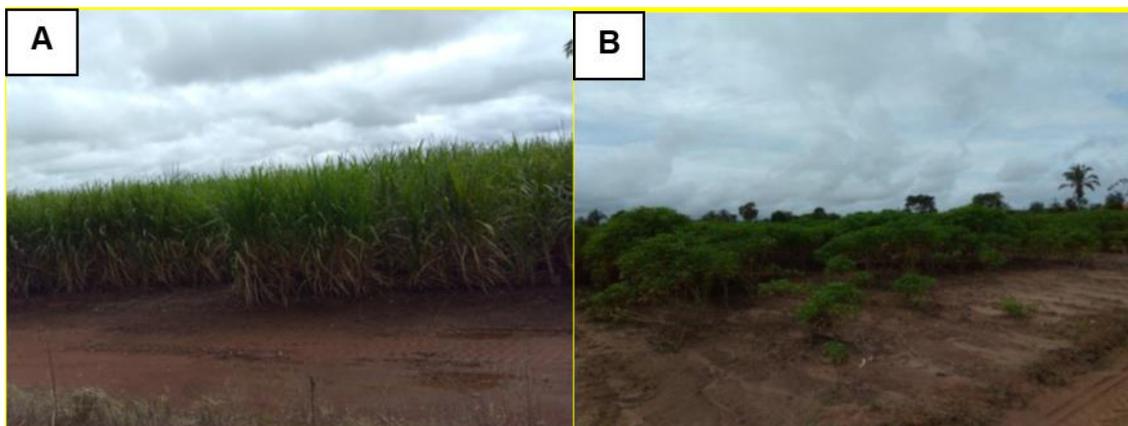
As culturas temporárias ocupam 4.327,97 km² (8,89%) da Área de recarga e 160,90 km² (1,30%) do Pantanal de Cáceres. A atividade de culturas temporárias desenvolve-se em todos os municípios da bacia do Alto Paraguai. Nos municípios de Rio Branco, Reserva do Cabaçal, Salto-do-Céu, Lambari D'Oeste, Curvelândia, São José dos Quatro Marcos, entre outros. Os pequenos e médios produtores cultivam verduras, legumes, feijão e milho. Nesses municípios, também se destaca a monocultura realizada por grandes produtores, com plantios de mandioca, milho e cana-de-açúcar (Figura 11).

O cultivo de cana-de-açúcar na Bacia do Alto Paraguai encontra-se na área de planalto, espacialmente distribuídos nos municípios de Alto Araguaia, Barra do Bugres, Denise, Lambari D'Oeste, Mirassol D'Oeste, Nova Olímpia e Tangará da Serra. A maior produção de cana-de-açúcar é registrada no município de Lambari D'Oeste, correspondente ao total de 50% de toda a plantação sobre a Bacia. Segundo Oliveira (2017), a monocultura de cana-de-açúcar no município de Lambari D'Oeste é destinada a Cooperativa Agrícola dos Produtores de Cana de Rio Branco (COOPERB).

O milho e o algodão são plantados em regime de rotação com a produção de soja, o que não determina a expansão para novas áreas, quem predomina é o plantio da soja. A necessidade de transporte desses grãos resulta em cobranças feitas às autoridades políticas para que haja liberação e implementação de infraestrutura para a construção da hidrovía Paraguai-Paraná, que por sua vez, pode causar grandes danos ao Bioma pantaneiro (SCHLESINGER, 2014).

Nesse contexto, as atividades voltadas para o plantio de soja, milho e algodão, na área de estudo, são praticadas nos municípios de Alto Paraguai, Arenópolis, Barra do Bugres, Cáceres, Mirassol D'oeste, Nova Marilândia, Porto Estrela, Santo Afonso, São José dos Quatro Marcos, com terras que vão de 95 – 58. 000 mil hectares destinadas à plantação dos grãos. Enquanto que no município de Tangará da Serra possui 58. 001 – 112. 000 mil hectares. O município de Nortelândia é o que mais destina suas terras à produção de grãos na área de estudo, que corresponde ao Pantanal de Cáceres, ocupando 224. 001 – 280. 000 mil hectares para produção de soja, milho e algodão (SCHLESINGER, 2014).

Figura 11 – (A) Plantio de cana-de-açúcar e (B) plantio de mandioca



Fonte: Lima (2018).

A ocorrência de irrigação na área de estudo em sua maioria corresponde à utilização de pequenas sub-bacias. Nesta região, a utilização de recursos hídricos para irrigação de lavouras revela-se pequena. No entanto, fica o alerta para que haja a expansão de investimentos em produção agrícola na Bacia do Alto Paraguai (BAP), pois existe grande demanda de água para tais empreendimentos (TUCCI, 2004).

Segundo levantamento do Atlas Irrigação: Uso da Água na Agricultura irrigada, emitido pela Agência Nacional das Águas – ANA (2017), não é recomendado, devido grande demanda de água para a produção, como em culturas temporárias de cana-de-açúcar, pivôs centrais (milho, feijão algodão e soja) e outras culturas e sistemas (Carretel (*hidro roll*), gotejamento ou inundação) em plantações de arroz, legumes e hortaliças, etc, decorridas sobre a BAP.

Em 2015, as contratações de irrigação na bacia do Alto Paraguai, com estruturas instaladas em municípios de Cáceres, Curvelândia, Lambari d'oeste, Porto Estrela e Tangará da Serra apresentaram potencial para irrigar até 100 a 1.000 mil hectares em plantações de cana-de-açúcar. Enquanto Mirassol D'oeste apresentou irrigações em propriedades de 1.000 a 2.000 hectares, também de cana-de-açúcar (ANA, 2017).

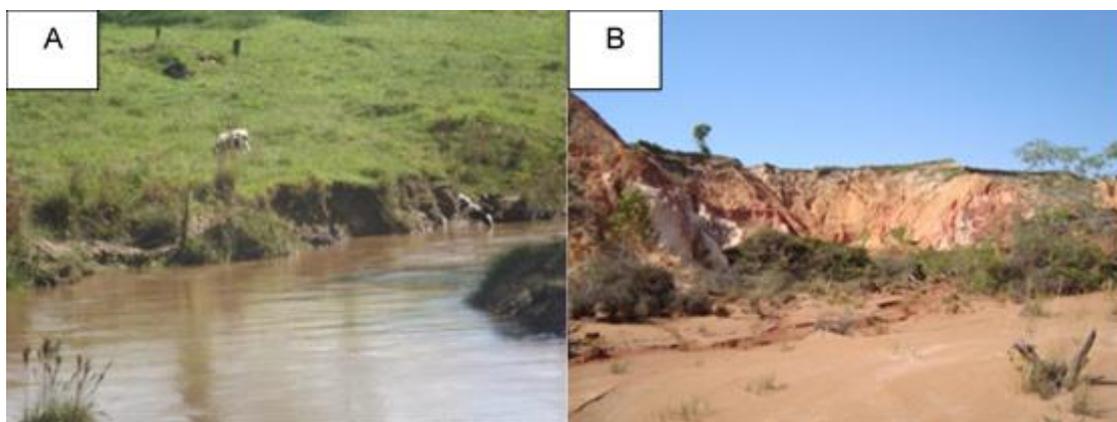
Na área de estudo, apenas Mirassol D'oeste, São José dos Quatro Marcos e Tangará da Serra possuem maiores capacidades de irrigação por meio de pivôs centrais, para produção de grãos de milho, feijão algodão e soja, com infraestrutura para cobrir 100 a 1.000 hectares (ANA, 2017; ANA, 2019). No entanto, sabe-se que pequenos produtores

familiares utilizam de outros métodos para coletar água de rios e córregos para suas plantações, ou seja, há outras culturas e sistemas, segundo o Atlas. Deste modo, pequenos sistemas de irrigação constam em municípios de Cáceres, Curvelândia, Lambari D'oste e Tangará da Serra, utilizados em propriedades de 100 a 1.000 mil hectares. Infelizmente, os relatórios não apresentam quais são os rios que têm suas águas drenadas para a distribuição na agricultura sobre a Bacia do Alto Paraguai.

As práticas de irrigação para abastecimento e a agricultura, utilizando-se água do lençol freático e construção de barragens, apresentam alterações no ciclo e no regime hidrológico dos rios (CRUZ, 2015). Isto pode ocorrer como resultado de retirada da cobertura arbórea, que possui camada espessa de folhas que amenizam maior evaporação das áreas úmidas, do mesmo modo que suas raízes possuem a função de promover infiltração da água no solo. A retirada da vegetação ocasiona em maior escoamento superficial das águas sobre o solo, para dentro dos canais fluviais, trazendo consigo grande quantidade de partículas de solo (assoreamento) (ROCHA, 2010).

Os impactos ambientais em decorrência de desmatamento intensivo, ocorridos através de ocupação na área de captação, resultaram de descumprimentos de legislações ambientais em vários municípios. A supressão da vegetação, incluindo a mata ciliar, aliado à falta de planejamento e manejo, trazem impactos ambientais que vão de degradação do solo, erosão, assoreamento de córregos e alteração dos padrões de canais (OLIVEIRA, 2017), conforme demonstrado na figura 12.

Figura 12 – Assoreamento (A) voçorocamento (B) na cabeceira da bacia do rio Branco



Fonte: Oliveira (2017)

Nos planaltos e planícies pantaneiras o uso inapropriado do tipo de solo ocasiona em processos de degradação, que ocorrem não apenas pela inserção de campos do agronegócio, mas também, pela inclusão de atividades do setor de produção de energias, como barragens (PCHs e UHs), afirma (SOUZA FILHO, 2013).

Segundo o IBGE (2013), também se incluem na área de estudo, como classe de culturas temporárias, Graníferas e cerealíferas: arroz, milho, sorgo, soja, fava, feijão e derivado, etc.; Raízes e tubérculos: batata, mandioca, aipim ou macaxeira (raiz), etc.; Hortícolas e floríferas: direcionados diretamente para produção de alimentos, flores, gramas e plantas para ornamentação de ambientes, integrados ao sistema produtivo para atender aos consumidores dos grandes centros. Incluem-se nesse grupo alface, couve, couve-flor, repolho, rúcula ou pinhão, outras hortaliças folhosas ou de talo, pimentão, quiabo, tomate, batata-doce (raiz), beterraba, cará, cenoura, flores, plantas ornamentais e produtos de viveiro, etc.

4.2.3 Pastagens

A pastagem representa diretamente uma “área destinada ao pastoreio do gado, mediante ao plantio de forragens perenes ou aproveitamento e melhoria de pastagens naturais”. O recobrimento do solo é constituído por gramíneas e/ou leguminosas que podem variar alguns centímetros. Constitui a maior cobertura na Área de recarga, com 26.522,00 km² (54,50%) e com relevante cobertura no Pantanal de Cáceres 737,86 km² (5,94%) (IBGE, 2013, p. 79).

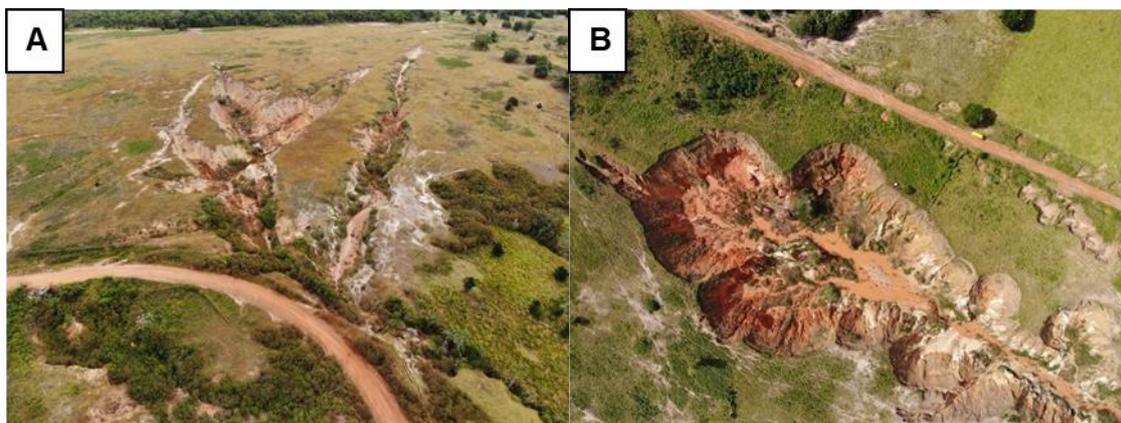
A atividade que prevalece sobre as pastagens é a pecuária, que visa atender uma demanda econômica para gado de corte e leiteiro (IBGE, 2013). Segundo Oliveira (2017), a principal atividade econômica aplicada para estas áreas é a bovinocultura, que se destina à produção de leite, cria, recria, engorda e abate. O autor constatou que esta atividade é realizada principalmente por pequenos e médios produtores, em condições de relevo mais ondulados e solos menos férteis.

O início da atividade pecuária no Centro-Oeste advém de meados de 1960 -70 através de estímulos financeiros para expansão da fronteira agrícola no país. A partir da década de 1970, com o incentivo da construção de rodovias, por exemplo, a MT-126, próximo à cidade de Cáceres, acelerou a substituição do Cerrado e matas por pastos. Em 1990, a pecuária

foi consolidada dentro da bacia do Alto Paraguai, o que infelizmente agravou supressão da vegetação nativa, acelerando processos erosivos (ROSA et al. 2007; SOUZA; SOUSA, 2014).

Os impactos na Área de recarga da bacia do Alto Paraguai correspondem à degradação do solo, presença de ravinas e voçorocas, processos de arenização, degradação da mata ciliar, assoreamento e alteração do padrão de drenagem e rebaixamento do lençol freático. Igualmente, no Pantanal de Cáceres, há respostas para a degradação que vem ocorrendo em toda a bacia, de modo mais expressivo, o assoreamento das redes de drenagem, diminuição da qualidade da água, destruição do ecossistema, diminuição no abastecimento do Pantanal pelo lençol freático (FÉLIZ, 2018; LIMA, 2018; OLIVEIRA, 2017), conforme demonstrado na figura 13.

Figura 13 – Impactos ambientais - erosão (ravina e voçoroca)



Fonte: Imagens A e B capturadas por Oliveira (2020), registrando processos erosivos da bacia do rio Branco, uma das áreas de cabeceira da bacia do Alto Paraguai.

Nas áreas de Cerrado substituídas por pastos, o pisoteio do gado resulta na compactação do solo, provocando impermeabilização, sucedendo a interferência na velocidade do escoamento superficial pós precipitações, que conduz as partículas de solo para dentro dos canais fluviais. Assim, causa assoreamento, que em resposta, perde a profundidade da calha e reduz a vazão do canal, interferindo na captação da água para fins rurais ou de abastecimento da população (CRUZ, 2015; FARIAS, 2019).

A pecuária de animais de grande porte procura unir esforços para a produção de gado bovino, bubalinos, equinos, asininos, muares, etc., com objetivos econômicos, para ofertar carne, leite, couro e muitas vezes serem usados para transportes (equinos). As atividades de pequeno porte procuram atingir a criação de suínos, ovinos, caprinos, também com objetivos econômicos, os produtos retirados dos animais de pequeno porte são: lã ovina de tosquia, leite e produtos derivados, etc. (IBGE, 2013).

A produção de bovinos registrados em 2017 pelo INDEA - Instituto de Defesa Agropecuária do Estado Mato Grosso, afirma que para os 30 municípios que estão na área de estudo, a população bovina é o equivalente a 7. 127. 962, 00, sendo predominante em Cáceres 1. 113. 134, 00 (15, 62%). Registra-se a menor produção nos municípios de Rio Branco, 63. 423, 00 (0, 89%), Arenópolis, 51. 402, 00 (0, 72%) e Reserva do Cabaçal, 42. 203, 00 (0, 59%) (INDEA, 2017).

4.2.4 Silvicultura

Esta atividade está vinculada a ações de composição, trato e cultivo de povoamentos florestais, criando um manejo sustentável e de conservação florestal para posterior retirada de matéria prima. A silvicultura é compreendida como um agente de proteção, benfeitor e embelezador da paisagem (IBGE, 2013). Ocupa 0,01 km² apenas, o equivalente a 0% em relação aos outros tipos de uso e cobertura no Pantanal de Cáceres.

Está contemplado na silvicultura o reflorestamento, que visa o plantio ou a formação de maciços por meio de, preferencialmente, espécies nativas e por espécies exóticas (em alguns casos). Segundo IBGE (2013), o reflorestamento pode ocorrer por plantios heterogêneos, homogêneos e consorciados, representando:

Plantio heterogêneo é utilizado para enriquecimento de florestas e na recuperação das florestas nas margens dos rios. O plantio homogêneo refere-se a plantios puros, normalmente feitos com espécies exóticas, como pínus, eucalipto e acácia-negra, e no consorciado se utiliza de espécies florestais entremeadas de espécies agrícolas de ciclo curto (IBGE, 2013 p. 84).

Compreende-se, também, como atividade de cultura agroflorestal, que segundo o IBGE (2013, p. 88), representa a combinação de “espécies arbóreas lenhosas (frutíferas e/ou madeiras) com cultivos agrícolas e/ou animais, de forma simultânea ou em sequência temporal e que interagem econômica e ecologicamente em uma mesma unidade de terra”.

4.2.5 População e áreas urbanas

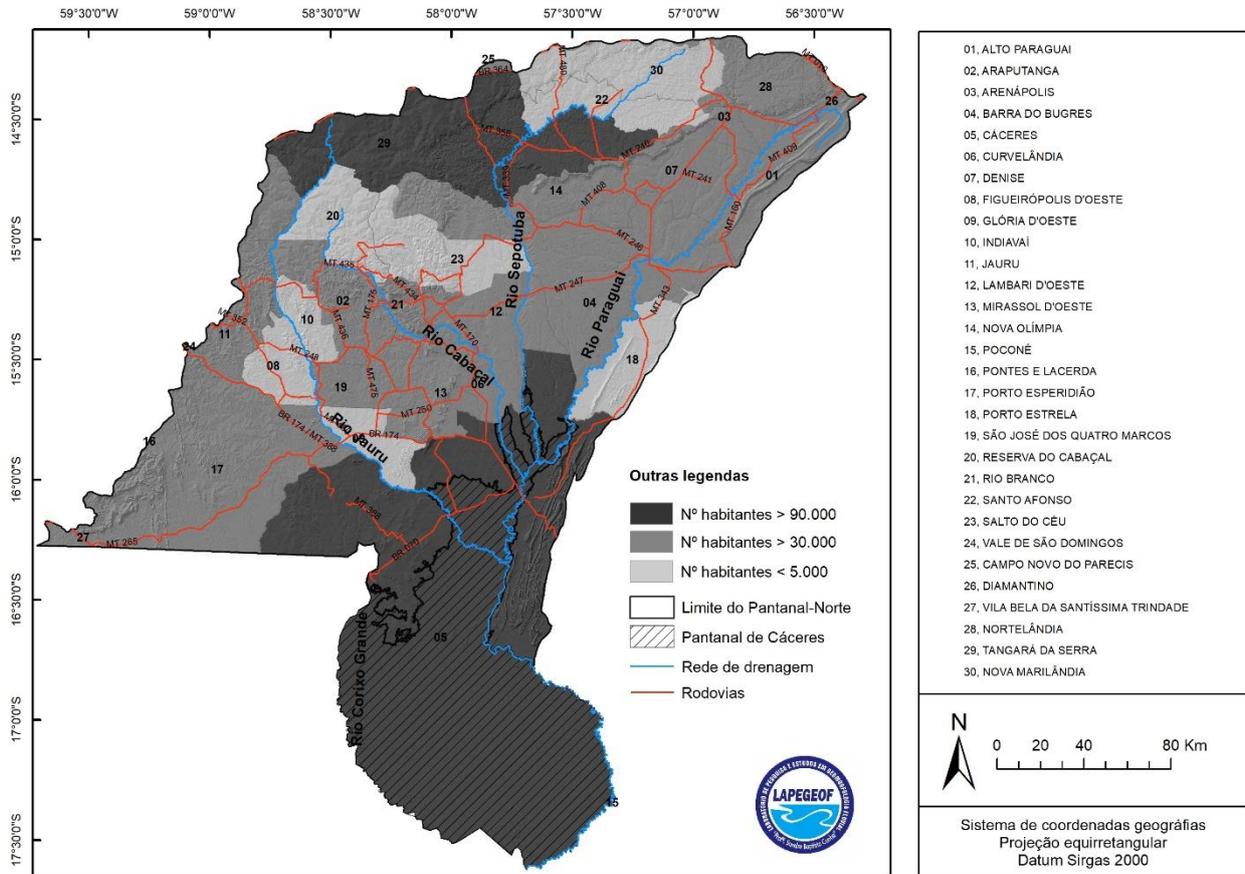
As áreas urbanas correspondem a 205,77 km² (0,42%) da Área de recarga e 1,60 km² (0,01%) do Pantanal de Cáceres. As cidades localizadas na bacia do Alto Paraguai são: Alto Paraguai, Araputanga, Arenópolis, Barra do Bugres, Cáceres, Curvelândia, Figueirópolis, Glória D'Oeste, Indiavaí, Jauru, Lambari D'Oeste, Nortelândia, Nova Marilândia, Nova Olímpia, Porto Esperidião, Porto Estrela, Reserva do Cabaçal, Rio Branco, Salto do Céu, Santo Afonso, São José dos Quatro Marcos e Tangará da Serra.

Segundo Azevedo (2005), o processo de urbanização no Mato Grosso ocorreu por vias de integração de espaços vazios do Centro-oeste do Brasil, que encorajaram a iniciativa para a produção agroexportadora. Posteriormente, ocorreu o surgimento de pequenos núcleos urbanos, com objetivo de dar apoio para a produção agrícola na região.

Outra medida que favoreceu a urbanização na área de estudo e no Mato Grosso foram as políticas de intensificação e implantação de rodovias, ocorrido na década de 1970, contribuindo para mobilidade de grupos sociais e implantação de redes econômicas (SOUZA; SOUSA, 2014; LEANDRO, 2015).

A população dos municípios que se encontram localizados dentro da Bacia do Alto Paraguai corresponde a 415.336 habitantes, destacando-se Tangará da Serra com 103.750,00 e Cáceres com 94.376, equivalente a 47,70 da população total. Os municípios com menores números de habitantes são: Figueirópolis D'Oeste (3.494), Glória D'Oeste (3.026), Indiavaí (2.752), Nova Marilândia (3.278), Porto Estrela (2.963), Reserva do Cabaçal (2.732), Salto do Céu (3.365) e Santo Afonso (3.146). A soma da população dos oito (8) municípios não atinge 10%, registrando apenas 5,96% (IBGE, 2019), conforme indicado na figura 14.

Figura 14 – Estimativa da população residente dos municípios situados na Bacia do Alto Paraguai



Fonte: o autor (2020).

Os municípios desenvolvem atividades de base econômica voltadas para pecuária, com sistema de cria, recria, corte e leiteiro, exceto, Lambari D'Oeste, que se mantém economicamente ativo com a agricultura. As atividades econômicas relacionadas à produção de grãos, raízes e frutos (milho, arroz, feijão, café, algodão, mandioca, cana-de-açúcar e banana) também sustentam economicamente os municípios, exceto Cáceres, Jauru e Salto do Céu, que predomina atividades na área da pecuária.

Há outras atividades que movimentam a base econômica dos municípios, como o extrativismo mineral (Alto Paraguai, Arenópolis e Santo Afonso), responsável pela remoção de ouro e diamante. E há também o calcário, usado para correção de solos e para fins de construção civil. O extrativismo vegetal, em (Nova Olímpia e São José dos Quatro Marcos), segundo Lima (2018, p. 82), caracteriza-se por ser natural e plantado, ou seja, “ao extrativismo natural, destaca-se a extração do babaçu (*Attalea speciosa*) e pequi (*Caryocar*

brasiliense). E sobre o extrativismo vegetal plantado, encontrou-se bambu, seringa (*Hevea brasiliensis*) e eucalipto (*Eucalyptus*)”, conforme apresentado na (Tabela 7).

Tabela 7 – População e base econômica dos municípios na Bacia do Alto Paraguai.

Município	População estimada [2019]	Base econômica do município
Alto Paraguai	11.356	Extrativismo mineral (ouro, diamante); agricultura; pecuária
Araputanga	16.822	Pecuária leiteira; agricultura e comércio
Arenápolis	9.607	Extrativismo Mineral; pecuária; agricultura
Barra do Bugres	34.966	sucroalcooleira; bovinocultura de corte
Cáceres	94.376	Pecuária
Curvelândia	5.219	Pecuária; agricultura de subsistência; produção da cana-de-açúcar
Denise	9.462	Pecuária; produção da cana-de-açúcar
Figueirópolis D'Oeste	3.494	Agricultura (milho, arroz, feijão, café, algodão e banana); pecuária
Glória D'Oeste	3.026	Agricultura (milho, arroz e feijão); pecuária
Indiavaí	2.752	Agricultura; pecuária
Jauru	8.793	Pecuária
Lambari D'Oeste	6.121	Agricultura (arroz, feijão, milho, mandioca e cana-de-açúcar)
Mirassol D'Oeste	27.739	Pecuária
Nortelândia	5.989	Agricultura; pecuária; agricultura familiar; comércio local
Nova Marilândia	3.278	Pecuária; agricultura (arroz, feijão, milho, mandioca e cana-de-açúcar)
Nova Olímpia	20.301	Pecuária; agricultura (cana-de-açúcar, arroz, milho e feijão); extrativismo vegetal
Porto Esperidião	12.017	Agricultura; pecuária e prestação de serviços
Porto Estrela	2.963	Pecuária; agricultura (algodão, milho, feijão e arroz)
Reserva do Cabaçal	2.732	Pecuária de leite e corte; turismo
Rio Branco	5.156	Pecuária; agricultura (arroz, feijão, milho, mandioca e cana-de-açúcar, etc.)
Salto do Céu	3.365	Pecuária
Santo Afonso	3.146	Extrativismo mineral (diamante); pecuária; agricultura (soja, arroz, cana-de-açúcar, feijão, milho e mandioca.)
São José dos Quatro Marcos	18.906	Pecuária; agricultura; extrativismo vegetal; serviços
Tangará da Serra	103.750	Agricultura; pecuária; indústria; prestação de serviços
Total	415.336	

Fonte: IBGE (2019); Prefeituras Municipais.

As atividades caracterizadas de prestação de serviços, comércio e turismo são registradas em Araputanga, Porto Esperidião, Reserva do Cabaçal e Tangará da Serra. No

entanto, tais funções também se encontram presente nos demais municípios, porém, não são considerados pelas prefeituras, negócios de base.

As formas de uso da água são classificadas em consumíveis e não consumíveis. As consumíveis, representam o abastecimento urbano, industrial e rural. Enquanto os usos não consumíveis, refletem geração de energia, diluição e transporte de efluentes, pesca e navegação (SEPLAG, 2011). A maior fonte de abastecimento dos centros urbanos é, na grande maioria, proveniente de canais fluviais. Este fato não ocorre nas cidades que ocupam locais de baixa distribuição hídrica, por isso, têm de recorrer aos poços para captação da água do lençol freático.

A cidade de Alto Paraguai possui abastecimento por meio de poços artesianos e captação de água no rio Paraguai. Araputanga possui abastecimento urbano pelo córrego Pitas (67%) e poços artesianos (33%). Arenópolis possui o abastecimento integral por poços. A cidade de Barra do Bugres tem por manancial o rio Bugres. Cáceres possui o abastecimento por captação do rio Paraguai (81%) e poços (19%). O abastecimento urbano de Curvelândia ocorre integralmente por poços. Do mesmo modo, os núcleos urbanos de Denise, Figueirópolis D'Oeste e Glória D'Oeste usam de poços para o abastecimento. As cidades de Indiavaí e Porto Esperidião são abastecidas pelo rio Jauru. A cidade de Jauru é abastecida pelo córrego Fortuna. E Lambari D'Oeste possui a captura de água no córrego Lambari (ANA, 2015).

Na sequência, a cidade de Mirassol D'Oeste é abastecida por diversos mananciais, sendo esses: represa Carnaíba, ribeirão Caeté, córrego Rancho Alegre (86%) e também por poços artesianos (14%). Nortelândia possui o abastecimento de água por captação no rio Santana (87%) e poços artesianos (13%). O abastecimento urbano integral por poços artesianos também é recorrente nas cidades de Nova Marilândia, Porto Estrela e Santo Afonso. Nova Olímpia tem abastecimento apenas pelo córrego Limeiras. Reserva do Cabaçal é abastecida pelo córrego Monte Cristo. A cidade de Rio Branco tem seu abastecimento pelo rio Branco, enquanto que Salto do Céu capta água do rio Branco. São José dos Quatro Marcos possui distribuição de água por captação no córrego Grande, córrego Manoel Paulinho (85%) e por poços (15%). Por último, a cidade de Tangará da Serra possui captação de água do rio Queima Pé (97%) e por poços artesianos (3%), conforme dados da (ANA, 2015).

Segundo Silva e Souza (2012), a urbanização também traz consigo diversos impactos ambientais, que vão desde a compactação do solo, desmatamento, assoreamento de canais fluviais, interferência na dinâmica de córregos e rios, distúrbios ambientais em decorrência de crescente número de turistas e de pesca para o consumo ou esportiva.

Outro impacto que advém de processos de urbanização é a impermeabilização do solo, resultado da ação de desenvolvimento e expansão de centros urbanos. Tais impactos resultam em compactação e aplicação de asfalto, selando a porosidade do solo, reduzindo a infiltração das águas de origem pluvial, aumentando a probabilidade de inundações e escoamento superficial (JUSTINO; PAULA; PAIVA, 2011).

4.2.6 Áreas de mineração

Há três municípios na Bacia do Alto Paraguai que registram atividades de mineração de base: Alto Paraguai (diamante e ouro), Arenópolis (basalto para brita e ouro) e Santo Afonso (diamante, basalto para brita e ouro). Há outros municípios que apresentam extração ou potencialidade mineral, são eles: Araputanga (granito e ouro), Barra do Bugres (calcário e diamante), Cáceres (calcário), Curvelândia (calcário), Figueirópolis D'Oeste (diamante e granito), Glória D'Oeste (calcário e diamante), Jauru (diamante e granito), Mirassol D'Oeste (calcário e diamante), Nortelândia (basalto para brita e ouro), Nova Marilândia (diamante e ouro), Porto Esperidião (diamante, estanho e ouro), Porto Estrela (calcário), Reserva do Cabaçal (diamante), Rio Branco (granito e ouro), Salto do Céu (diamante), São José dos Quatro Marcos (granito e ouro) e Tangará da Serra (basalto para brita, calcário e diamante) (SEPLAG, 2011). Assim, ocupam 0,6 km² apenas na Área de recarga, o equivalente a 0% em relação às outras classes mapeadas.

As áreas de mineração são entendidas por “exploração ou extração de substâncias minerais”. A atividade de extração na área de estudo pode ocorrer por lavra e garimpo. O método de extração por lavra é utilizado por grandes empresas multinacionais, que visam a organização e o conjunto de operações coordenadas para melhor aproveitamento das jazidas. Já o garimpo, também presente na área de estudo, corresponde a exploração por meio de instrumentos rudimentares, como aparelhos manuais e maquinários simples e portáteis (IBGE, 2013, p. 55).

O recorte de áreas de mineração na respectiva área de estudo é mínimo. Tais ocorrências derivam-se de poucas áreas identificadas e registradas junto ao DNPM -

Departamento Nacional de Produção Mineral. Contudo, prevalece diversas ocorrências de garimpos não legalizados em todo o estado de Mato Grosso. Por exemplo, a exploração de diamante e ouro, ocorrido na Serra Santa Bárbara (Porto Esperidião), que segundo Miranda (1997, p. 13), foi abandonada por “exaustão dos depósitos secundários com teores altos, ataques de povos nativos ou doenças”. Apesar disso, a autora afirma que mesmo após a desativação, ainda permaneceram garimpeiros nos locais.

A atividade mineradora traz consigo múltiplas consequências para o meio ambiente, por exemplo, o acréscimo de sedimentos com metais pesados, contaminação de corpos d’água por mercúrio e a degradação do curso natural da rede de drenagem. Eventualmente, ocorre também problemas de ordem social, como a decadência de algumas cidades depois de findar as atividades de mineração. Isto se deve ao fato de não haver alternativas econômicas planejadas (TUCCI, 1999).

4.2.7 Áreas de barragens

Há vários tipos de barragens de água, como a construção de represas para piscicultura e também para a geração de energia, no rio Paraguai e seus afluentes. As barragens para geração de energia encontram-se no rio Paraguai e nas bacias dos rios Jauru e Sepotuba. São predominantes as PCHs (pequenas centrais hidrelétricas) na área de estudo, com a presença de apenas quatro UHEs (usinas hidrelétricas).

Segundo informações disponibilizadas no *Site* da ANA, sobre barragens (UHEs e PCHs), ao todo, existe uma UHEs (no rio Jauru) e PCHs (16) na Bacia do Alto Paraguai. Há uma PCH no rio Paraguai (PCH Alto Paraguai Jusante), quatro no rio Santana (PCH Diamante Montante 1, PCH Diamante Montante 2 e PCH Santana I Jusante).

No alto curso do rio Sepotuba encontram-se: (PCH Maracaná Jusante, PCH Rio do Sapo Barragem, PCH Rio do Sapo Montante 1, PCH Pampeana Jusante e PCH Graça Brennand Jusante). No entanto, segundo o mapa interativo disponibilizado no Ecoa (2021), indica que na bacia hidrográfica do rio Sepotuba há o funcionamento de duas (2) UHEs (Juba I e II), situadas entre os municípios de Barra do Bugres e Tangará da Serra. E também indica uma em fase de construção (Salto das Nuvens), localizada no município de Tangará da Serra.

O rio Jauru possui sete PCHs: (PCH Antônio Brennand Jusante, PCH Antônio Brennand Montante 1, PCH Antônio Brennand Montante 2, PCH Figueirópolis Barragens,

PCH Indiavaí Jusante, PCH Ombreiras Jusante e PCH Salto Jusante). A PCH Antônio Brennand Montante 1 não possui barragens de nível, estilo a fio d'água.

Problemas ambientais advindos de barragens, são, segundo Cruz (2015), ações que provocam alterações no ciclo da água e no regime hídrico dos rios. Batista et al. (2012) consideram que os problemas causados por barragens vão além de reservatório. Os autores afirmam que os impactos físicos causam desde a diminuição da velocidade do fluxo hídrico, alteração e deposição do fluxo de sedimentos e mudança na temperatura dos corpos d'água.

4.2.8 Área de Cerrado

É denominado no mapeamento do IBGE (2013, p. 98) por área campestre, que corresponde a “diferentes características da vegetação fisionomicamente” diversa da floresta, ou seja, representa “aquelas que se caracterizam por um estrato predominantemente arbustivo, esparsamente distribuído sobre um tapete gramíneo-lenhoso”. A cobertura do Cerrado é de 9. 887, 18 km² (20, 30%) da Área de recarga, ocupando a maior porção do Pantanal de Cáceres, com 9. 171, 11 km² (74, 15%).

Registra-se ocorrência abundante de cerrado apenas nos municípios de Alto Paraguai, Nova Marilândia, Tangará da Serra, Reserva do Cabaçal e Cáceres. No entanto, outros municípios, como (Salto do Céu, Barra do Bugres, Porto Estrela, Porto Espiridião, Gloria D'Oeste e Mirassol D'Oeste) também apresentam cerrado, porém, fragmentado e espaçado.

Segundo Ribeiro, Barbosa e Barros (2011, p. 9), em entrevista a Jorge Enoch Furquim Werneck Lima, pesquisador da Embrapa Cerrado, o bioma cerrado contribui com o sistema hidrológico e de recarga dos aquíferos por sua localização na “região do Planalto Central, que é a parte alta”. E funciona como um “guarda-chuva” na captação das águas pluviais, que possuem características geológicas cársticas, com grande quantidade de reservatórios. As propriedades do solo e sua porosidade permitem que ocorra a infiltração dessas águas nos reservatórios, que são liberadas lentamente ao longo do ano.

No Pantanal de Cáceres a fisionomia campestre corresponde à tipologia Savana Arborizada, Savana Arborizada com Floresta de Galeria, Savana Florestada (cerradão),

Savana Gramineo-Lenhosa (campos úmidos), Savana Parque (campo cerrado). Savana Parque está associada a áreas pantaneiras e Savana Parque com Floresta de Galeria (SEPLAG, 2011).

4.2.9 Área Florestal

A área florestal compreende 15, 60% da Área de recarga, equivalente a 7. 597, 14 km² e 11, 59% do Pantanal de Cáceres, o equivalente a 1. 432, 95 km², conforme (Figura 8). A ocorrência de áreas florestais apresenta-se fragmentadas em toda a área de estudo, exceto em alguns municípios que apresentam maior concentração de espécies arbóreas em partes do território. Os municípios referem-se a Barra do Bugres, Lambari D'Oeste e Cáceres (ocorrências no Norte e Sul na planície pantaneira).

Segundo informações do IBGE (2013), área florestal corresponde a vegetação de formação arbórea, com altura superior a cinco (5) metros. Na área de estudo, apresenta-se Floresta Estacional, Floresta Remanescente, Floresta Secundária, Formação de Savana Arborizada associada a vertentes, com encaves de formações florestais em grotões de drenagem, Formações de Savana Parque associado a vertentes, com encaves de formações florestais em grotões de drenagem, Formações Justafluviais (matas de galeria, mata ciliar, veredas, matas de brejo, florestas aluviais) e Reflorestamento (SEPLAG, 2011).

A importância de preservação de áreas florestais está além de discursos sobre conservação. As florestas têm papel fundamental no equilíbrio da biodiversidade e do desempenho climático. Conforme Saito (1992, p. 1029), as áreas florestais possuem função de “amenizar a variação da temperatura”, ou seja, quanto mais densa maior é a dispersão de calor pela humidade contida nas folhagens. Outra característica de relevância para a preservação destes respectivos ambientes é a sua biodiversidade, que segundo o autor, “as espécies que compõem a floresta constituem o início de recurso alimentar e elemento importante na composição do ecossistema e origem da adaptabilidade e evolução do ser vivo”. Além disso, a preservação de áreas florestais também evita a proliferação de doenças, além de oferecer uma grande biblioteca de medicamentos naturais (GREENPEACE BRASIL, 2020).

As áreas florestais também contribuem para a recarga dos aquíferos. E isto ocorre pelo fato de que o ecossistema possui variáveis (raízes, insetos e micróbios) que favorecem a infiltração de água no solo, melhorando a estrutura e porosidade (HINMAN, 2012).

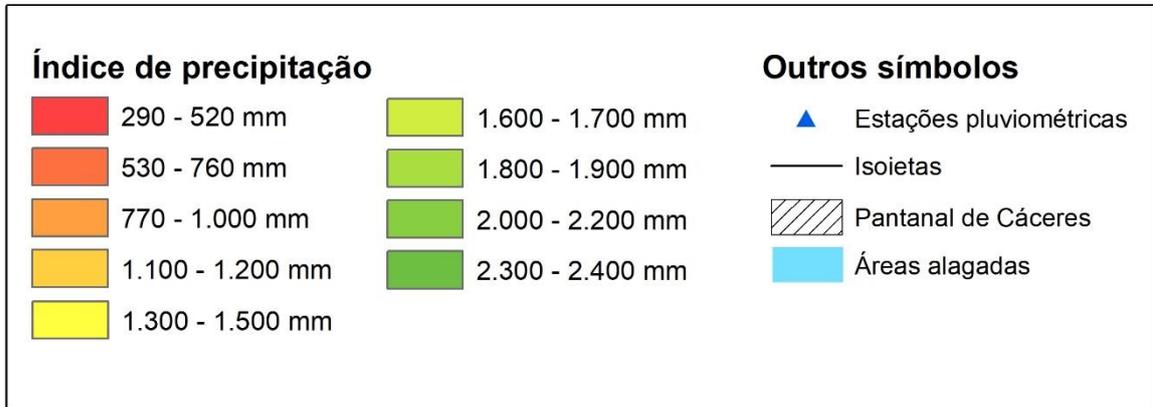
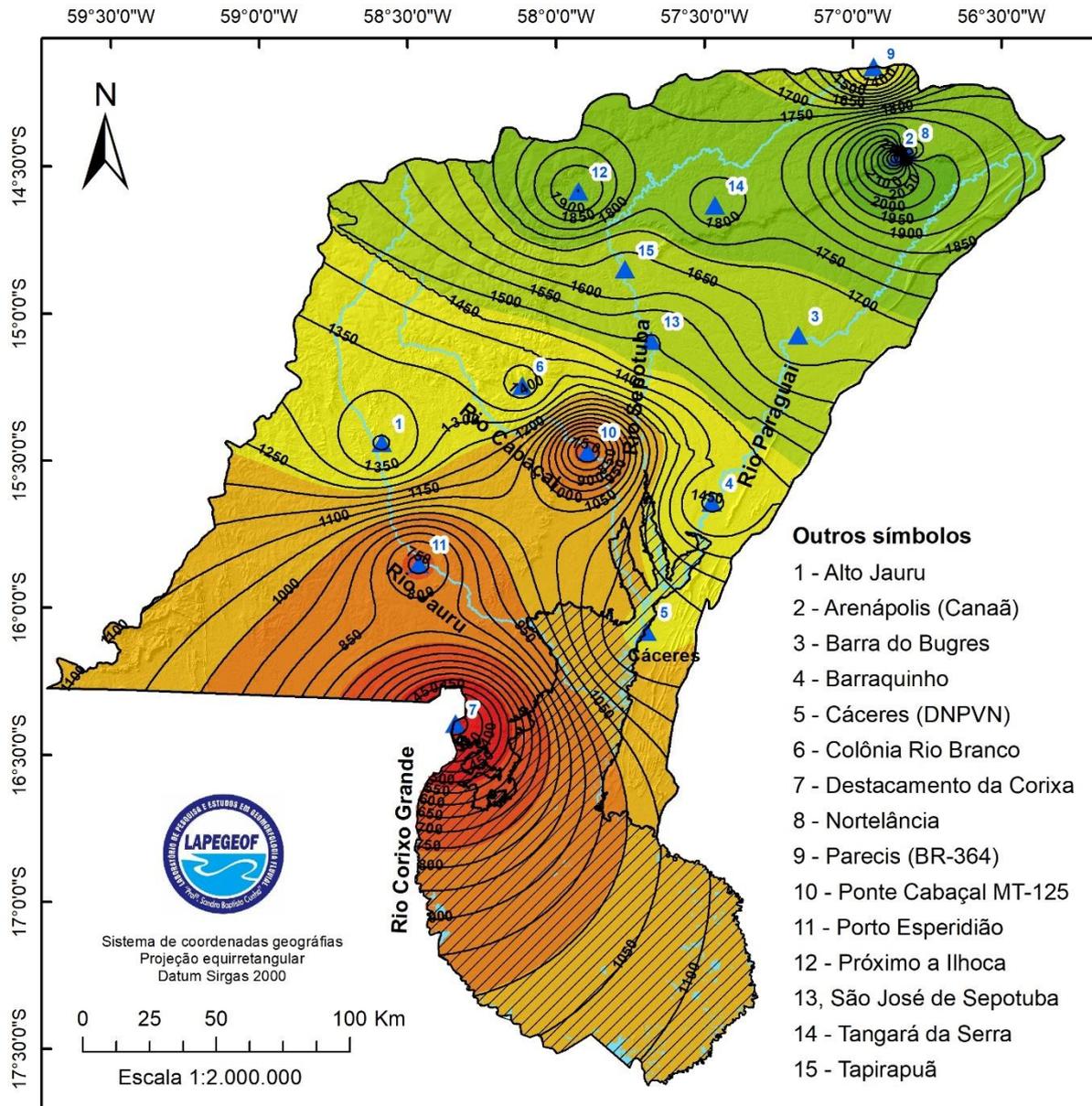
4.3 VARIAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

A análise dos dados demonstra que a precipitação na Bacia do Alto Paraguai ocorre em dois períodos distintos. O período chuvoso ocorre de novembro a março, com desigual distribuição das chuvas nos quatro meses, apresentando maior volume pluviométrico em janeiro. O período de estiagem ocorre entre abril e outubro, com duração de sete meses, sendo julho o mês de menor ocorrência de precipitação. Conforme Souza e Sousa (2009), há significativa importância no estudo desses dados, principalmente para a compreensão do comportamento hidrológico, do sistema complexo pluvial, que corresponde a um volume, os sistemas sazonais e diários e a distribuição temporal.

Segundo Martins et al. (2011) a maior média anual de precipitação na área de estudo ocorre sobre a área de planalto situado sobre o município de Tangará da Serra, enquanto que, a menor sobre Cáceres. Os autores destacam que a média total de chuvas na região (74,34%) ocorre no período chuvoso, que conforme os mesmos ocorre entre os meses de novembro a março. A tendência a redução do índice ocorre entre os meses de abril e maio, onde ocorre 10,74% de todo o volume anual, posteriormente, 2,58% nos meses de junho a agosto. O período de seca ocorre nos meses de setembro e outubro com registros médios em 0%. A média anual, segundo os autores, se completa com o que denominam de meses de transição, este ocorre novamente pós os meses de seca, com os primeiros registros pluviométricos significativos (12,34%) na região. No entanto, na área deste estudo, há apenas uma estação pluviométrica (Cáceres), sendo necessário expandir a coleta de dados.

As estações pluviométricas utilizadas na área de estudo, estão distribuídas da seguinte forma, de montante à jusante, respectivamente: a bacia do rio Sepotuba possui quatro estações (Próximo à Ilhoca, São José do Sepotuba, Tangará da Serra e Tapirapuã); a do rio Cabaçal duas (Colônia Rio Branco e Ponte Cabaçal MT-125); a do rio Jauru duas estações (Alto Jauru e Porto Esperidião). No rio Paraguai existem sete estações (Arenópolis-Canaã, Barra do Bugres, Barraquinho, Cáceres-DNPVN, Destacamento da Corixa, Nortelândia e Parecis- BR-364), exemplificados na figura 15 e quadro 2.

Figura 15 – índice de precipitação anual / isoietas



Organizado: o autor (2020).

Quadro 2 - Estações pluviométricas dos afluentes e do rio Paraguai

N°	Estações	Período chuvoso			Período de estiagem							Período chuvoso	
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Rio Sepotuba													
12	Próximo Ilhoca	332,71	321,74	341,91	150,07	50,62	21,61	13,24	13,52	42,29	110,22	228,08	232,65
13	São José do Sepotuba	283,15	265,56	234,93	80,01	191,75	18,75	15,06	16,30	52,35	126,42	195,87	216,95
14	Tangará da Serra	274,73	304,53	250,46	130,00	58,82	21,79	11,57	22,62	42,05	126,74	171,66	258,88
15	Tapirapuã	316,62	292,91	238,26	137,35	76,35	26,12	2,25	14,03	41,46	113,31	242,95	270,01
Rio Cabaçal													
6	Colônia Rio Branco	197,68	198,33	223,35	127,45	60,37	23,41	8,02	34,82	44,15	117,80	194,07	181,30
10	Ponte Cabaçal MT-125	198,17	229,11	160,00	105,82	57,59	14,86	3,50	30,94	29,69	87,02	117,55	164,81

Elaboração: o autor (2020).

Rio Jauru													
1	Alto Jauru	246,50	283,79	189,62	106,72	98,47	18,43	10,25	28,86	34,83	130,07	236,63	201,91
11	Porto Esperidião	161,76	209,48	151,43	74,85	58,21	13,65	15,13	35,22	40,62	113,79	131,38	120,06
Rio Paraguai													
2	Arenópolis (Canaã)	319,39	366,74	299,35	137,75	52,53	7,05	6,48	16,01	44,16	154,49	258,29	300,07
3	Barra do Bugres	251,11	299,85	181,05	95,89	49,29	14,78	4,29	16,30	42,47	100,37	162,50	211,18
4	Barraquinho	242,89	270,74	195,64	72,06	59,81	15,41	10,73	9,35	24,68	89,43	144,42	207,05
5	Cáceres (DNPVN)	274,01	207,76	187,65	61,30	47,25	12,43	14,05	13,44	35,80	87,65	137,25	172,88
7	Destacamento da Corixa	189,77	185,16	150,57	89,61	23,91	21,55	9,80	15,63	28,17	80,15	98,35	131,01
8	Nortelândia	290,80	384,80	262,95	146,02	53,69	10,53	5,53	18,60	27,95	133,00	236,15	302,02
9	Parecis (BR-364)	303,12	286,73	363,01	132,59	30,17	11,60	2,69	24,86	47,99	156,67	239,92	264,07

Elaboração: o autor (2020).

Segundo Souza e Sousa (2009), as bacias hidrográficas contribuintes para o rio Paraguai, apresentam, nas áreas de nascentes (Planalto), elevados índices pluviométricos, ocasionando deslocamentos de parte da água por escoamento superficial para os afluentes e o rio principal. Os autores destacam que os diferentes índices pluviométricos sazonais provocam o abastecimento e aumento no nível do rio, provocando transbordamentos para a planície de inundação, desenvolvendo e contribuindo, também, para o abastecimento de baías e lagoas, distantes do rio. Tais variações favorecem processos erosivos e de evolução do canal e margens.

Os autores Ab'Saber (1970) e Nimer (1989) apresentam importantes informações sobre o sistema pluvial sazonal da área de estudo. Ambos afirmam que o sistema de precipitação é o menor de todo o Estado de Mato Grosso, e que isto ocorre, devido ao distúrbio causado pela circulação de ar perturbada do Oeste, resultante da baixa altitude em relação aos planaltos que a circundam, registrando médias de 1.100 mm.

Apenas parte do total da precipitação, nas bacias hidrográficas, infiltra-se no solo. Essas condições são controladas pelas características químicas ou estruturais das rochas, do solo e pela vegetação. A água que penetra no solo por infiltração e percola para o aquífero, ou seguir o fluxo subsuperficial ao longo da rede de canais internos, que está no solo, é que vai aflorar em superfícies de dentro dos próprios cursos d'água. As águas armazenadas nos aquíferos são transportadas para os rios, possibilitando-os o abastecimento e a se manterem perenes em sazonalidade de estiagem (TUCCI; MENDES, 2006).

4.3.1 Pluviosidade na bacia do rio Sepotuba

A bacia do rio Sepotuba apresenta médias pluviométricas anuais diferenciadas no alto, médio e baixo curso. No alto curso, as isoietas mostram índice pluviométrico entre 1.601 e 2.000 mm. No médio curso, entre 1.401 e 1.600 mm. E no baixo curso, entre 1.201 e 1.400 mm. Portanto, verifica-se que o volume de precipitação diminui em direção à foz, o que está relacionado ao relevo local (ANA, 2020).

Souza, Cunha e Sousa (2019) constataram que no baixo curso do rio Sepotuba as precipitações seguem um padrão de dois períodos bem definidos (cheia e estiagem). Os respectivos autores aferiram que, no ano de 2014, a precipitação total entre os meses de novembro e abril (caracterizado como período de cheia para a bacia) registrou 928,3 mm.

Enquanto que no período de estiagem (maio a outubro), o volume total de chuvas foi de 287,30 mm.

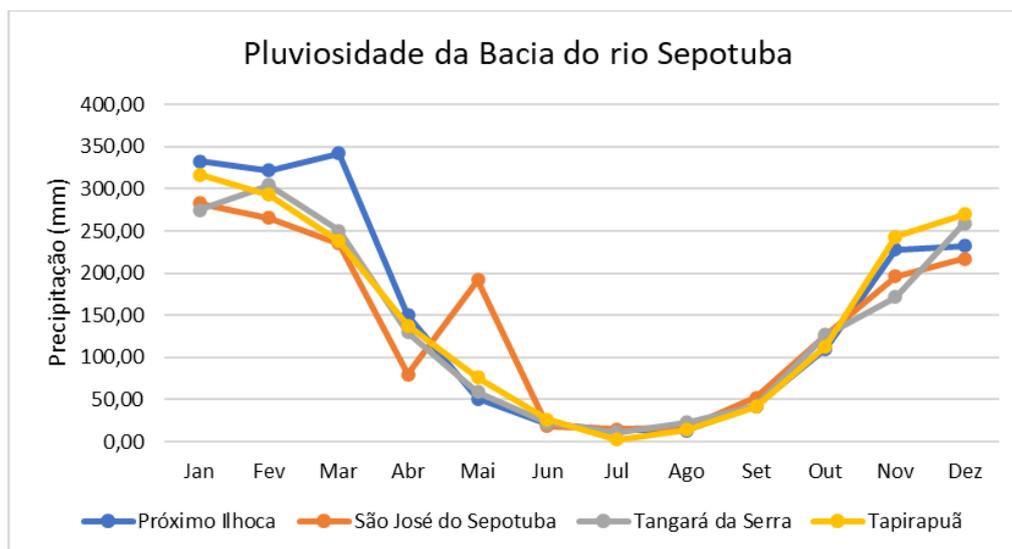
O processamento dos dados sobre a distribuição das estações pluviométricas das estações: Próximo a Ilhoca, São José do Sepotuba, Tangará da Serra e Tapirapuã (localizados na bacia do rio Sepotuba, afluente da margem direita do rio Paraguai) demonstrou gradiente pluviométrico em dez anos (2008 - 2018), de cotas entre 350 mm, correspondendo ao período de cheia, a 0 mm no período de estiagem.

Em janeiro, para todas as estações, o volume das chuvas fora aproximado, com valores máximos e mínimos superiores a 200 mm. Há que se destacar que o ápice pluviométrico na bacia do Sepotuba ocorre em janeiro, prolongando-se até fevereiro. No mês de março, observou-se que a estação pluviométrica Próximo a Ilhoca apresenta um volume de chuvas cerca de 350 mm, assim, destacando-se entre as demais em quase 100 mm a mais. No entanto, esta mesma estação registra valores semelhantes em relação aos demais, a partir de abril.

Em abril, a estação São José do Sepotuba se destaca, dessa vez, por apresentar valores abaixo das demais (média de apenas 80,01 mm de chuva, enquanto as demais, registram em média 139 mm, portanto, uma diferença de quase 60 mm a menos de chuva neste ponto da bacia).

A estação São José do Sepotuba registra pico de precipitação em maio em relação ao seu mês anterior, com valor de 191,75 mm de precipitação, enquanto que as demais estações registram valores de 62 mm. Dessa forma, surpreende observar que esta estação apresenta respostas nos níveis de chuva pós o mês antecessor, apresentando volume baixo. Cabe afirmar que a estação está implantada em área florestal, ou seja, de vegetação natural, circundada por atividades agrícolas e pecuária de animais de grande porte. Deste modo, a hipótese é que a redução da umidade pela extração da vegetação natural ao redor pode ter influenciado na pluviosidade local.

A partir de junho, percebe-se que os dados coletados em todas as estações ocorrem de forma semelhante (simétrica), prolongando essa simetria até o mês de outubro. Este mesmo período, representa, o que localmente é denominado de seca, ou seja, menor concentração de chuvas em toda a região. Os registros mais baixos de pluviosidade ocorrem em julho, com 10 mm, conforme mostrado na Figura 16.

Figura 16 - Histograma da pluviosidade da bacia do rio Sepotuba

Elaboração: o autor (2020).

No período de cheia (dezembro a março), ocorre a retomada das chuvas na região. As estações voltam a apresentar padrão assimétrico do volume, isto é, diferentes concentrações de chuva local. Deste modo, em novembro, as estações registraram valores entre 171,66 mm e 242,95 mm. Em dezembro, as precipitações apresentam valores entre 216,95 mm a 270,01 mm, alcançando, novamente, no mês de março, o seu ápice pluviométrico.

4.3.2 Pluviosidade na bacia do rio Cabaçal

Os dados pluviométricos aferidos demonstram um sistema de chuvas assimétrico, entre os meses de novembro, fevereiro e março, enquanto que os demais meses, ocorre relativa simetria no decorrer do ano. A precipitação média anual acontece de forma diferenciada na bacia do rio Cabaçal: no alto curso, varia de 1.800 mm a 1.601 mm; no médio curso, de 1.600 mm a 1.401 mm; e no baixo curso, entre 1.400 e 1.201 mm.

Tarifa (2011), afirma que a precipitação na bacia do rio Cabaçal varia entre 1.600 e 1.800 mm, apresentando deficiência hídrica nos meses de estiagem (maio a setembro, segundo o autor). Enquanto que novembro é o mês que marca o início dos maiores registros pluviométricos. De acordo com os dados, o nível de chuva foi quase o mesmo, apresentando diferença inferior a 0,50 mm, caracterizando dados simétricos.

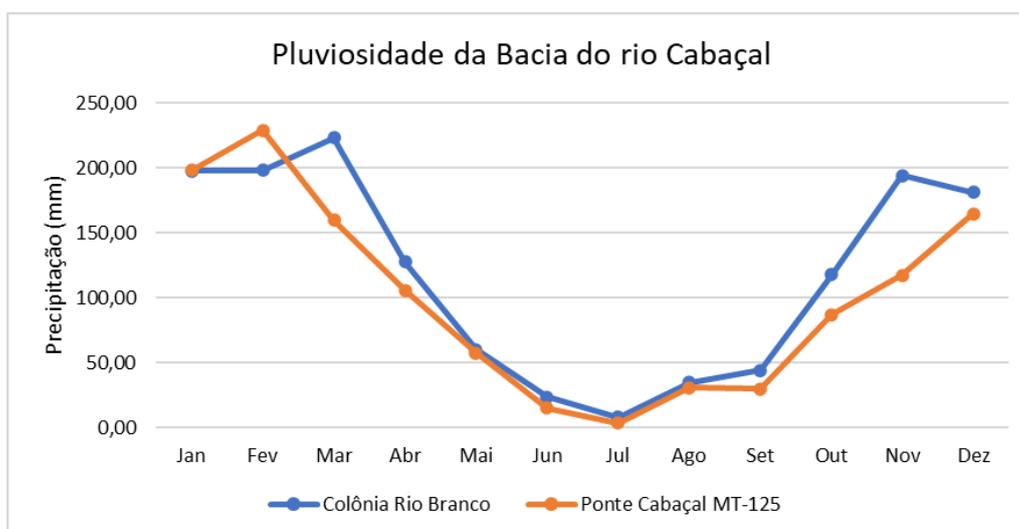
Em fevereiro, a estação Ponte Cabaçal MT-125 registrou valor superior à Colônia Rio Branco, diferença ligeiramente superior a 30 mm. No entanto, no mês subsequente (março), a realidade altera-se, tendo, pois, a primeira estação referida, o menor valor, enquanto que a segunda, apresenta leve crescimento. Assim, a estação Ponte Cabaçal MT-125 apresentou queda elevada das chuvas, com uma diferença um pouco mais de 60 mm.

Em abril, as estações do rio Cabaçal seguem o mesmo padrão já apresentado anteriormente para os dados pluviométricos do rio Sepotuba, ou seja, os valores alcançam algo entre 125 mm de precipitação distribuída no mês. A partir de abril, constatou-se o comportamento simétrico das chuvas, período este de estiagem apresentando menores níveis de precipitação, que segue até a primeira quinzena de setembro.

A partir de outubro, verificou-se que os níveis pluviométricos se elevam, representando o final do período de estiagem. As duas estações não se encontram mais sincronizadas, possuindo a estação Colônia Rio Branco o maior valor, com 194,07 mm, enquanto que a Ponte Cabaçal MT-125 apresentou 117,55 mm, diferença de um pouco mais de 76 mm, correspondendo a 39% a mais de precipitação.

No final do ano, apesar de novembro mostrar diferença relativamente alta nos níveis pluviométricos entre as estações, o histograma representa a retomada simétrica nos níveis de chuva na região, com valores médios de 174 mm, representando o início do período das chuvas na bacia, conforme demonstrado na (Figura 17).

Figura 17 - Histograma de pluviosidade da bacia do rio Cabaçal



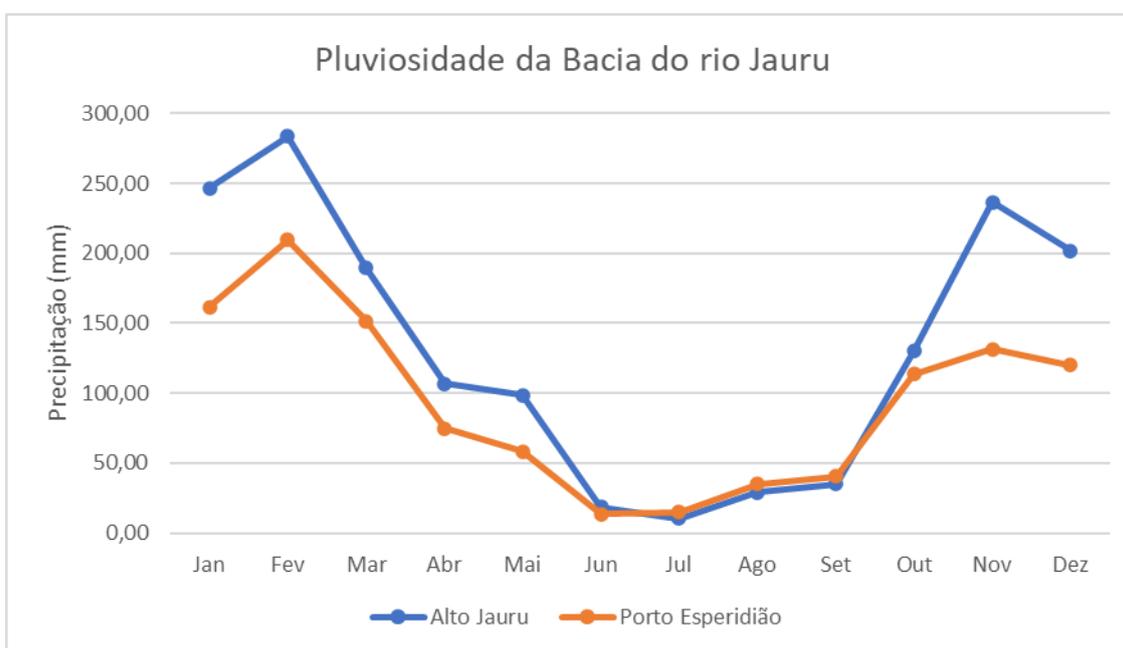
Elaboração: o autor (2020).

4.3.3 Pluviosidade na bacia do rio Jauru

A bacia do rio Jauru apresenta simetria nos índices pluviométricos, possuindo a estação Alto Jauru o maior índice de captura de precipitação, o que demonstra diferença superior a 100 mm para alguns meses do ano. Apenas no mês de novembro, nota-se assimetria das chuvas entre a estação Alto Jauru e Porto Esperidião.

Os dados pluviométricos demonstram que em janeiro a estação Alto Jauru obteve chuvas de 246,50 mm e a estação Porto Esperidião 161,76 mm. A diferença entre as duas estações é equivalente a 85 mm, correspondendo a 34% a mais de precipitação. Em fevereiro, período registrado de maior quantidade e intensidade de chuvas, as estações constataram simetria semelhante, com diferença apenas de 74 mm, equivalente a 26% a mais de chuvas no local da estação Alto Jauru, conforme representado na (Figura 18).

Figura 18 - Histograma da pluviosidade da bacia do rio Jauru



Elaboração: o autor (2020).

Os dados mencionados acima convergem com pesquisas/resultados de Marostega, Souza e Pierangeli (2014). Segundo os autores, a amplitude pluviométrica correspondendo entre 1.350 mm a 1.700 mm resulta de condições climáticas da bacia, acréscimo de precipitação de 26% na direção sul (jusante) a norte (montante).

Em março, a taxa de precipitação entre as duas estações cai, tornando-se quase simétricas, ou seja, a precipitação média registrada foi de 170 mm. Em sequência, o histograma mostra queda ainda maior nos níveis pluviométricos registrados para ambas as estações, chegando a registrar valor médio de 91 mm.

Em junho e julho, períodos de estiagem, os níveis pluviométricos alcançam os valores menos expressivos. Conforme as outras bacias hidrográficas previamente mencionadas, atingem quase que perfeita simetria, registrando valores médios em junho (16 mm), julho (15 mm), agosto (32 mm) e setembro (38 mm).

Segundo Ritela, Cabral e Souza (2013), com base em estudos realizados na sub-bacia Aguapeí, contribuinte do rio Jauru, a precipitação registra decréscimo a partir do mês de abril, que corresponde ao início do período de estiagem, apresentando, assim, diminuição considerável nas regiões de serra, registrando 61 mm na maior parte da referida serra, salvo a serra Santa Bárbara, limitando-se a uma pequena porção com chuvas de 119 mm. No médio curso da bacia, a precipitação apresentou apenas 71 mm, e no baixo curso, 81 mm.

Em outubro, os índices pluviométricos voltam a subir de forma simétrica nas respectivas estações, com valor médio de 122 mm. E isto ocorre, conforme já mencionado, devido o início do período de cheia. Em novembro, nota-se que a estação Alto Jauru (236,63 mm) registra o maior índice pluviométrico em relação a estação Porto Esperidião (131,38 mm), ou seja, uma diferença de 55% a mais de precipitação. Em dezembro, as chuvas apresentaram leve redução, registrando 201,91 mm na estação Alto Jauru e 120,60 mm na estação Porto Esperidião, diferença de 40% de uma estação para outra.

4.3.4 Pluviosidade no rio Paraguai, a montante e jusante da cidade de Cáceres

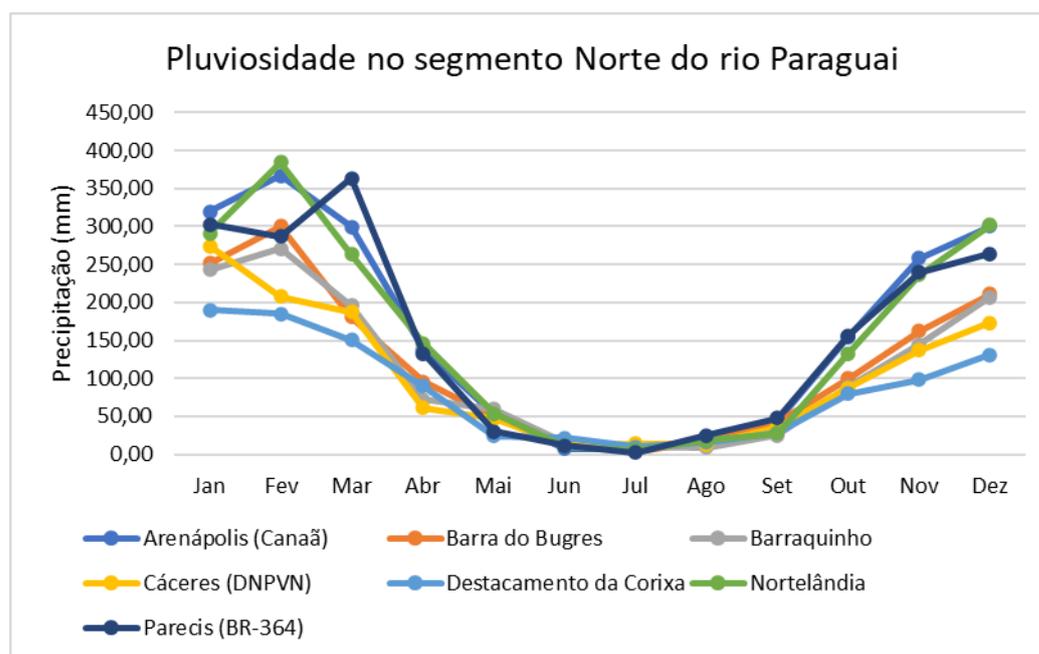
Na bacia do Alto Paraguai possui vários índices de precipitação. No planalto, varia entre 1.601 a 1.800 mm, enquanto que na depressão do rio Paraguai, varia de 1.401 a 1.600 mm, e na planície, precipitações variam de 1.201 a 1.400 mm. Ao alcançar partes do Pantanal inferior, a pluviosidade média anual reduz-se a apenas 1.001 mm.

Os dados apresentados de forma assimétrica correspondem aos períodos de chuvas normais na região. E os dados de forma simétrica, correspondem aos períodos de

estiagem, padrão esse, que foi apresentado nos dados coletados de estações pluviométricas dos contribuintes do rio Paraguai.

As estações pluviométricas presentes no divisor de águas da Bacia do Alto Paraguai, e no curso no rio Paraguai, de montante a jusante são: Parecis (BR-364), Nortelândia, Arenápolis (Canaã), Barra do Bugres, Barraquinho, Cáceres (DNPVN) e Destacamento da Corixa. Inicialmente, identificou-se por meio do histograma que em janeiro os dados apresentados pelas estações apresentam níveis de precipitação assimétricos, tendo sido coletado maior pluviosidade na estação Arenápolis (Canaã), com 319,39 mm, e a menor coleta, na estação Destacamento da Corixa, com 189,77 mm, diferença de 41% entre as estações. Descarta-se que a estação Destacamento da Corixa localiza-se propriamente dentro da planície húmida do Pantanal, ou seja, região mais baixa entre todas as estações apresentadas, conforme figura 19.

Figura 19 - Histograma da pluviosidade no rio Paraguai



Elaboração: o autor (2020).

Em fevereiro, verifica-se que os dados ainda se comportam de forma assimétrica, possuindo registro de maiores níveis de precipitação a estação Nortelândia, com 384, 80 mm. Enquanto que o de menor pluviosidade continua sendo a estação Destacamento da Corixa, registrando 185,16 mm, diferença entre as estações de 52%.

Em março, notou-se haver levemente um decréscimo nos níveis pluviométricos, ainda assim, observa-se que uma das estações analisadas conseguiu registrar precipitações superiores a 350 mm no mês. Refere-se à estação Parecis (BR-364), que aferiu um total de 363,01 mm. A menor intensidade de chuvas foi registrada pela estação Destacamento da Corixa, com 150,57 mm, havendo uma diferença entre as estações de o equivalente a 58% a menos em relação a Parecis (BR-364), no mês de março.

A partir de abril, os valores das chuvas coletadas pelas estações tornam-se simétricos, com uma diferença de 100 mm da estação de maior coleta (Nortelândia - 146,02 mm) e a menor (Cáceres (DNPVN) - 61,30 mm). Nos meses subsequentes, (maio - setembro) os dados convergem simetricamente no período de seca, apresentando valores inferiores a 50 mm de chuva.

Segundo Souza e Sousa (2014, p. 90), a precipitação média anual da bacia Piraputanga, próxima à cidade de Cáceres, corresponde de 1.000 a 1.500 mm. E apresentam “média no período de chuvas intensas (outubro-março) de 100 a 370 mm”, enquanto que na estiagem, variam de 10 – 80 mm, o que corresponde com dados indicados no parágrafo anterior. Os autores afirmam que os maiores índices pluviométricos nessa regional ocorrem entre dezembro e janeiro.

Em outubro, ocorre a normalização das chuvas com a chegada da primavera, por esse motivo, apresenta maiores precipitações nas estações localizadas a montante e ou na área de cabeceira, enquanto que os maiores valores encontram-se situados nas planícies de inundação da bacia do Alto Paraguai. A estação Parecis (BR-364), constatou-se maior precipitação, com 156,67 mm, enquanto que a menor, verificou-se ser (Destacamento da Corixa), com 80,15 mm.

O crescimento no nível pluviométrico acontece nos meses de novembro e dezembro. Em novembro, a estação Arenópolis (Canaã) registrou o maior nível de precipitação, com 258,29 mm. E o Destacamento da Corixa, registrou o menor, com 98,35 mm. Em dezembro, quem assume a liderança com maior índice pluviométrico é a estação Nortelândia, com precipitação mensal de 302,02 mm, enquanto que a estação Destacamento da Corixa apresentou 131,01 mm, diferença de 56% entre as estações.

Segundo Leandro (2015, p. 62), ocorrências temporais apontam que os volumes pluviais anuais vêm diminuindo. O autor afirma que na década de 1970 ocorreu grandes picos de precipitação em relação às décadas posteriores; salvo a década de 1990, que

segundo o autor, apresentou “maior evento anual acima da média”. A partir dos anos 2000 e subseqüente, novamente registrou quedas no índice pluviométrico, sobretudo, marcando a condição de menores valores anuais nos anos 2006, 2008 e 2010.

Densidade de drenagem

Na Bacia do Alto Paraguai, na área de recarga, predomina Alta e Muito Alta a densidade de drenagem. E no Pantanal de Cáceres, predomina Média densidade. A densidade de drenagem nessas duas unidades está relacionada à declividade do terreno, como características das rochas (fraturas, fendas e porosidade), elementos que compõem os solos (permeabilidades e impermeabilidade) e a distribuição da precipitação (volume e intensidade).

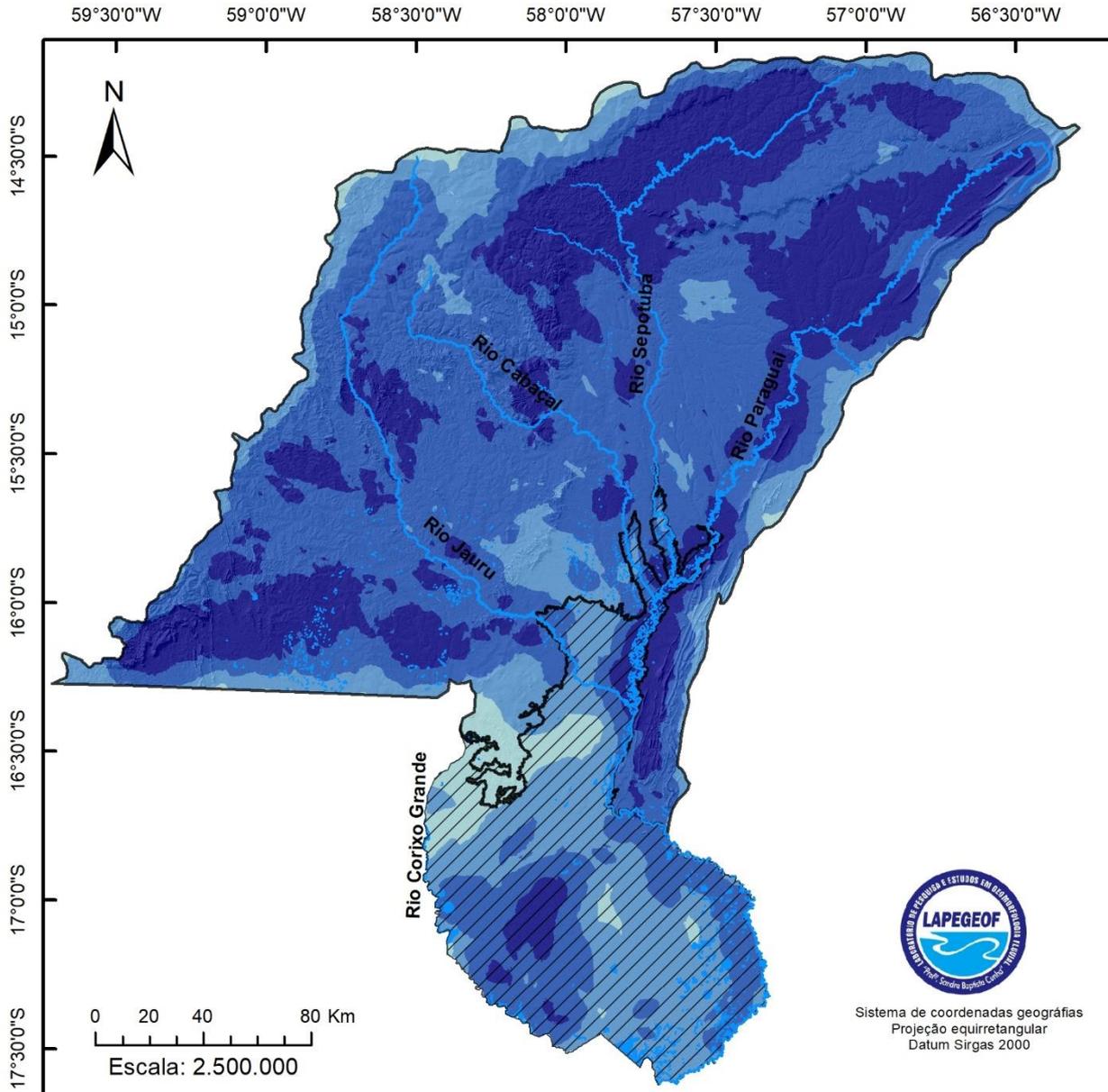
A rede de drenagem que compõe a bacia do Alto Paraguai é complexa, sendo formada por: rios, ribeirões, córregos, canais secundários e corixos. O termo regional corixos corresponde à canais naturais, com escoamento temporário, pouco profundo e relativamente estreito, que servem de conexão entre as lagoas, ou as baías e o rio Paraguai (SOUZA; SOUSA, 2009, p. 2).

Na bacia do rio Sepotuba destaca-se Alta e Muito Alta a densidade de drenagem. O trecho que ocorre Muito Alta a densidade, encontra-se em área de ocorrências de rochas ígneas e metamórficas, que contribuem para escoamento pluviométrico e surgimentos de rede de drenagem.

Observa-se Alta e Muito Alta a densidade de drenagem ao longo do corredor fluvial do rio Paraguai, o que está relacionado aos canais secundários resultantes da migração lateral. A concentração de cursos de águas que desaguam na margem esquerda do rio Paraguai contribui para o aumento da densidade. Tais cursos d'água nascem ou percorrem os vales da Província Serrana, embasado em rochas da Formação Sepotuba, com baixa permeabilidade (Figura 20).

No leque aluvial do rio Jauru, a evidência é de Alta e Muito Alta a densidade, o que está associada aos canais fluviais do leque e aos corixos. O leque aluvial possui rede de drenagem, que cortam as formas de acumulação antigas e recentes, que constituem vários níveis de acumulação fluvial (SOUZA, 2004, p.11).

Figura 20 - Densidade de drenagem na Bacia do Alto Paraguai



Densidade em (Km/Km²)

	Baixa (0 - 0,05)
	Média (0,05 - 0,13)
	Alta (0,13 - 0,22)
	Muito Alta (0,22 - 0,30)

Área de estudo

	Pantanal de Cáceres
	Áreas alagadas

Elaboração: o autor (2020).

Desde modo, pode-se concluir que a área de recarga possui predominantemente Alta densidade de drenagem, enquanto que no Pantanal de Cáceres, ocorre drenagem Média. A média densidade de drenagem está relacionada às características pedológicas apresentadas anteriormente, que não favorecem a infiltração de água no solo, deste modo, somado à topografia situada em planície. A região permanece periodicamente inundada, com baixo gradiente para o escoamento das águas. Este fato corrobora com o resultado obtido no mapeamento, que indica menor densidade de drenagem na área pantaneira que na área de recarga.

4.4 FLUVIOMETRIA DO ALTO PARAGUAI

4.4.1 Variação fluviométrica: estações fluviométricas

Os resultados apresentam a variação fluviométrica dos rios Paraguai e Jauru, vazão e descarga sólida dos rios Sepotuba e Cabaçal (margem direita) e os afluentes da margem esquerda. O quadro abaixo, exhibe dados coletados das estações fluviométricas ativas em toda a área de estudo, o que infelizmente, não são muitas: há duas na bacia do rio Jauru (Água Suja e Porto Espiridião) e duas na bacia do rio Paraguai (Descalvado e Porto Conceição), conforme o (Quadro 3).

4.4.2 Vazão da bacia do rio Jauru

No setor estudado, bacia do Alto Paraguai, somente as estações das bacias do rio Jauru (Água Suja e Porto Espiridião) e Paraguai (Descalvado e Porto Conceição) apresentaram séries históricas disponibilizadas para consulta. As demais bacias hidrográficas que contribuem para o volume hidráulico, apesar de possuírem estações de coleta, não têm dados disponíveis para consulta.

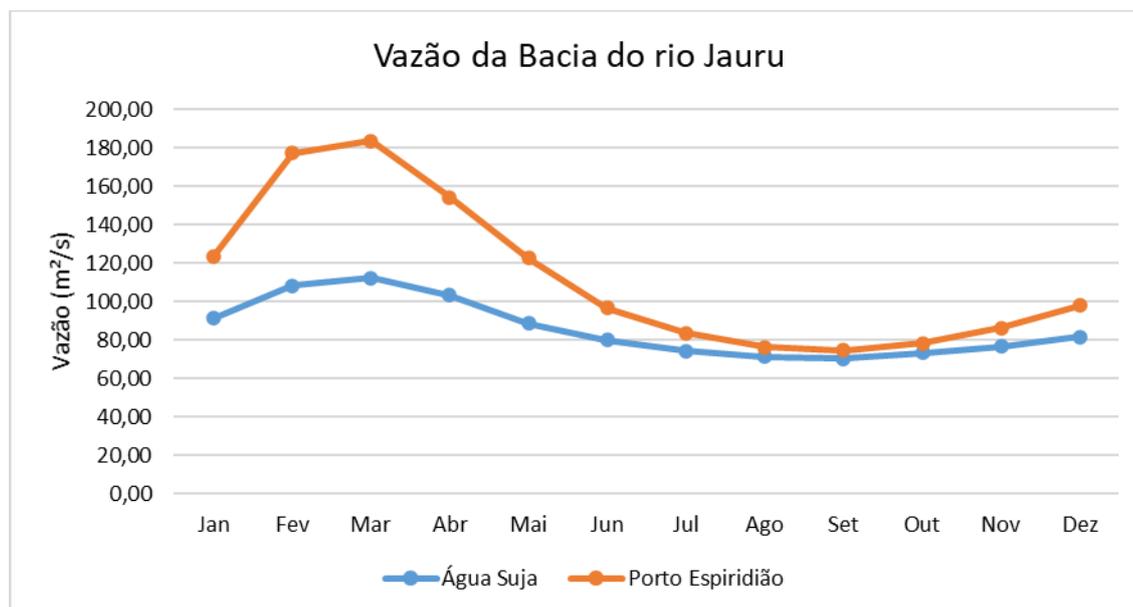
As médias mensais coletadas pelas estações Água Suja e Porto Esperidião demonstram um comportamento assimétrico nos primeiros seis meses do ano, alterando esta característica de julho em diante, conforme figura 21.

Quadro 3 - Índice da vazão mensal nos rios Jauru e Paraguai

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Rio Jauru												
Água Suja	91, 47	108, 56	112, 49	103, 47	88, 77	80, 11	74, 44	71, 56	70, 39	73, 40	76, 71	81, 63
Porto Espiridião	123, 25	177, 37	183, 82	154, 37	122, 75	96, 77	83, 69	76, 27	74, 69	78, 33	86, 32	98, 07
Rio Paraguai												
Descalvado	578, 73	827, 02	919, 96	973, 05	738, 69	518, 60	401, 56	327, 94	298, 05	310, 23	413, 57	553, 69
Porto Conceição	330, 19	393, 94	495, 95	573, 04	574, 73	500, 33	390, 56	282, 89	223, 66	218, 97	249, 57	283, 18

Elaboração: o autor (2020).

Figura 21 - Histograma de vazão no rio Jauru



Elaboração: o autor (2020).

Conforme o histograma sobre a bacia hidrográfica do rio Jauru, a estação Porto Esperidião constatou em janeiro maior vazão, com 123,25 m³/s, enquanto que a estação Água Suja aferiu 91,47 m³/s, diferença correspondente a 26%. Em fevereiro, a estação Porto Esperidião apresenta vazão ainda maior que o mês anterior, com 177,37 m³/s em relação à Água Suja, que demonstrou vazão de 108,56 m³/s, ou seja, uma diferença de 39%.

Em março, foi registrado maior vazão em ambas as estações, a estação Porto Esperidião com 183,82 m³/s e Água Suja com 112,49 m³/s, havendo uma diferença de 71,33 m³/s de uma para a outra, o que corresponde a 39%. Em abril, a estação Porto Esperidião registrou vazão de 154,37 m³/s e a Água Suja 103,47 m³/s, havendo assim uma diferença de 33% na vazão.

A partir de abril (final do outono), a vazão começa a diminuir. Tal fato, ocorre sazonalmente no período de seca, por causa de redução da precipitação nas áreas de cabeceira, convergindo com o início do período de vazante, que ocorre principalmente nos meses de maio a julho, quando inicia o processo de escoamento das águas.

Em maio, a diferença de valores entre as duas estações começa a diminuir. Assim, a estação Porto Esperidião registrou 122,75 m³/s e a Água Suja 88,77 m³/s, havendo uma diferença com pouco mais de 27%. Em junho, verifica-se que as vazões começam a se igualar, pois os valores mensurados sobre a estação Porto Esperidião apresentaram vazão

de 96,77 m³/s, enquanto que a Água Suja demonstrou valores de 80,11 m³/s, diferença de apenas 17% entre as estações.

A partir de julho, pode-se afirmar que a vazão entre as estações fluviométricas se torna simétricas, ou seja, apresentam o mesmo fluxo hidráulico com médias de 79 m³/s. Esta simetria prolonga-se nos meses subsequentes. Assim, apresentam valores médios em agosto (74 m³/s), setembro (73 m³/s), outubro (76 m³/s) e novembro (82 m³/s). Cabe ressaltar que o mês de setembro é o ápice da seca, quando córregos secam e os rios principais perdem a maior parte de volume de águas sobre a calha de drenagem.

Em dezembro, a vazão começa a apresentar lentamente maior fluxo, devido às chuvas que começam a cair no final de setembro a outubro. As estações Porto Esperidião e Água Suja, alocadas na bacia do rio Jauru, apresentam respectivamente 98,07 m³/s e 81,63 m³/s, diferença de pouco mais de 17%. Portanto, considera-se que estes dados sobre vazão são de grande importância, pois despejam suas águas no rio Paraguai, em trecho a montante da ilha Taiamã - situada em área pantanosa, com várias feições (lagos, baías, etc.) - e formando grandes labirintos de canais, de acordo com Souza (2004; 2012).

4.4.3 Vazão e descarga sólida em suspensão dos rios Sepotuba, Cabaçal, Jauru e afluentes da margem esquerda do rio Paraguai

Os dados apresentados foram aferidos no mesmo ponto de coleta pelos respectivos autores abaixo (Quadro 4). Cabe afirmar que o período ocorreu nas sazonalidades de seca e cheia, entre agosto e setembro (seca), e dezembro a fevereiro (cheia). Deste modo, os dados foram gerados em forma de média, apresentando valores que representa uma totalidade, de acordo com o (Quadro 4).

Quadro 4 – Vazão e descarga sólida suspensa dos rios Sepotuba, Cabaçal, Jauru e córregos tributários do rio Paraguai

Bacia	Vazão					
	Cheia			Estiagem		
	Vazão Cheia (m ³ /s)	Sedimento em suspensão (mg.l ⁻¹)	Descarga Sólida (t/dia)	Vazão Estiagem (m ³ /s)	Sedimento em suspensão (mg.l ⁻¹)	Descarga Sólida (t/dia)
Rio Sepotuba	174,41	303	4.565,91	109,11	327	3.082,66
Rio Cabaçal	102,58	207	1.834,62	90,28	400	3.120,07
Rio Jauru	-----	-----	-----	100,00	0,20	1.728,00

Córrego Padre Inácio	3,78	280	91,44	-----	-----	-----
Córrego Salobra	-----	-----	-----	1,73	0,22	0,03
Córrego Cachoeirinha	0,42	260	9,43	-----	-----	-----
Córrego Taquaral	3,72	20	6,42	0,03	100	0,26
Córrego Piraputanga	-----	-----	-----	0,22	120	2,28
Córrego Sangradouro	0,10	107	0,92	0,09	93	0,72
Córrego Fontes	0,00	160	13,86	0,00	260	22,46
Córrego Junco	0,04	80	0,28	0,02	60	0,10
Córrego Facão	8,17	320	225,88	1,61	160	22,25
Córrego Jacobina	1,82	24	3,77	0,63	322	17,52

Fonte: Adaptado de: **Leandro** (2015); **Justiniano** (2010); **Bühler** (2016); **Martins e Andrade** (2018); **Farias** (2019); **Souza** (2015); **Santos** (2013); **Silva** (2019); **Cruz** (2015); **Santana** (2017); **Silva et al.** (2014) e **Cruz e Souza** (2018).

Leandro (2015) aferiu que no rio Sepotuba a vazão é equivalente a 174,41 m³/s no período da cheia. O autor afirma que neste trecho é provocada oscilação no nível da água e que tal processo ocorre sazonalmente devido o regime climático de chuvas, quando o nível das águas sobe lentamente devido a planície de inundação e o tempo de concentração. Conforme o autor, o respectivo trecho possui em seu entorno relevo aplainado, o que favorece a infiltração da água e dificulta o escoamento superficial. O autor concluiu que neste ponto analisado há presença de depósitos inconsolidados densos e permeáveis, favorecendo, assim, o armazenamento subterrâneo.

O transporte de sedimentos na coluna d'água aferidos por Leandro (2015) no rio Sepotuba apresentou variações de 303 mg.l⁻¹ na cheia, correspondendo a descarga de sólidos suspensos por tonelada ao dia de 4.565,91 t/dia, no período da cheia, e na estiagem, 327 mg.l⁻¹, o que caracteriza 3.082,66 toneladas de sedimentos transportados na coluna d'água. Deste modo, nota-se uma redução de 32% de sedimentos transportados no período da estiagem em relação ao período de altos níveis pluviométricos.

O referido autor também investigou o comportamento hidrológico na foz do rio Cabaçal, que se localiza a jusante da foz do rio Sepotuba e a montante da cidade de Cáceres. A vazão neste trecho equivale a 102,58 m³/s no período de cheia, com decréscimo de 41% em relação ao rio Sepotuba. No entanto, o autor não apresentou dados no período de estiagem.

Leandro (2015) também constatou, ao aferir a descarga sólida suspensa na foz do rio Cabaçal com o rio Paraguai, que sua contribuição sedimentologia ocorre com 207 mg.l^{-1} de sedimentos em suspensão no período da cheia, resultando na descarga sólida de $1.834,62 \text{ t/dia}$. Enquanto que na estiagem, ocorre o transporte de 400 mg.l^{-1} em suspensão, correspondendo a $3.120,07 \text{ t/dia}$. Dessa forma, constatou-se que ocorre aumento relevante de 59% na descarga de sólidos suspensos no período da estiagem. E este fator pode estar relacionado com as atividades agropastoris, que no período da seca, os rebanhos são conduzidos para áreas mais próximas dos canais fluviais, ação que potencializa a erosão nas margens.

A confluência do rio Jauru com o rio Paraguai apresentou valores equivalentes a $100 \text{ m}^3/\text{se}$ foi aferido pela autores Silva et al. (2015) no período de estiagem. O referido local possui contato com o canal retilíneo do rio Paraguai, que apresenta controle estrutural do canal à sua esquerda, denominado de Província Serrana, fator que favorece o processo de aceleração de escoamento das águas e transporte de materiais grosseiros.

No período de estiagem, o córrego Jauru registrou apenas $0,20 \text{ mg.l}^{-1}$ de sedimentos em suspensão, o que corresponde a descarga de $1.728,0$ toneladas de sedimentos em transporte na coluna d'água (SILVA et al. 2015). No entanto, não foi aferido as partículas sedimentares em suspensão no período de cheia.

A sub-bacia do Córrego Padre Inácio corresponde a uma área de $1.570,30 \text{ km}^2$ e desagua na baía do Tuiuiú, conectada ao rio Paraguai, ou seja, as águas drenadas do córrego são conduzidas indiretamente para a calha do Paraguai. A confluência entre os dois canais fluviais resulta na vazão de $3,78 \text{ m}^3\text{-1}$, condicionada pela atuação do rio Paraguai (SILVA, 2019).

Identificou-se que no período de estiagem os sedimentos em suspensão transportados no córrego Padre Inácio são equivalentes a 280 mg.l^{-1} , correspondendo a descarga dos sólidos suspensos de apenas $91,44 \text{ t/dia}$ em relação aos outros contribuintes da margem direita do rio Paraguai (SILVA, 2019). Este fato se consolida na afirmação de que os rios Sepotuba, Cabaçal e Jauru são rios com ramificações em rede de drenagem maiores, ou seja, quanto maior for o sistema de ramificações em rede, mais eficiente é o sistema de drenagem (STRAHLER, 1957). Também não foi aferido dados no período das chuvas sobre o respectivo córrego.

Situado na margem esquerda do rio Paraguai, o córrego Salobra localiza-se a montante da cidade de Cáceres, no município de Porto Estrela. Souza (2015) afirma que a vazão do córrego corresponde a $1,73 \text{ m}^3/\text{se}$ que ele apresenta em seu alto curso canal em forma de U, com posterior irregularidades na canha por causa da presença de afloramentos rochosos, o que gera barragens naturais e impede a ocorrência de velocidade acentuada no escoamento das águas.

A referida autora afirma que a locomoção de sedimentos em suspensão no córrego Salobra, afluente do rio Paraguai, corresponde a $0,22 \text{ mg.l}^{-1}$, ou seja, 0,03 toneladas de sedimentos em suspensão por dia, no período da seca. A autora não traz dados sobre o período de cheia. Nota-se que o referido córrego apresenta a menor descarga sólida em suspensão. E a autora justifica o fato devido a presença de afloramento de rochas no leito, o que contribui para remoção e transporte de fragmentos rochosos, como seixos, matacões e areia grossa, no período de cheias.

O córrego Cachoeirinha, localizado a noroeste do município de Cáceres, “possui suas nascentes na Província Serrana”, percorrendo a “área de depressão do Alto Paraguai e deságua junto à planície de inundação da margem esquerda do rio Paraguai.” Apresenta vazão de apenas $0,42 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$, no período de chuvas (SANTOS, 2013, p. 24). Conforme o autor, a ausência das chuvas na bacia do córrego Cachoeirinha no período de estiagem não promove o escoamento superficial e não altera o fluxo de água dentro do canal. Deste modo, a variação de sedimentos em superfície é inexistente.

O córrego Cachoeirinha é descrito por Santos (2013) como um canal fluvial com capacidade de transporte em suspensão de 260 mg.l^{-1} , totalizando 9.43 toneladas de sedimentos na coluna d’água por dia, no período de chuvas. Não foi constatado a capacidade sedimentar em suspensão no período de seca. Segundo Santos (2013, p. 15), “a granulometria mostra que a areia fina e o silte predominam nas margens, tornando-as vulneráveis aos processos erosivos, principalmente no período chuvoso quando aumenta a força hidráulica, que remove partículas”. O autor afirma que ao longo do canal existem várias árvores caídas dentro do canal fluvial, resultado do solapamento basal, influência que impede o livre escoamento e que pode intensificar a erosão nas margens.

O córrego Taquaral encontra-se localizado na zona rural do Município de Cáceres, também à esquerda do canal fluvial. Apresenta vazão de $3,72 \text{ m}^3/\text{s}$ no período de chuvas e $0,03 \text{ m}^3/\text{s}$ na estiagem, de acordo com (FARIAS, 2019, p. 82). O córrego caracterizou

potencial de deslocamento de sedimentos em suspensão no período das chuvas locais de 20 mg.l^{-1} , proporcionando escoamento de 6,42 toneladas de sedimentos na coluna d'água por dia, enquanto que no período de estiagem, registrou-se 100 mg.l^{-1} , correspondendo a 0,26 toneladas ao dia de sedimentos transportados, com redução de 96% de partículas. A presença destes sedimentos na coluna d'água está vinculada a ocupação e formas de uso dentro da bacia hidrográfica do córrego. A referida autora identificou na área propriedades de médio e pequeno porte utilizando o “espaço para a criação de suínos, bovinos, aves, entre outros. E a água do córrego é utilizada como fonte de consumo para esses animais, que têm acesso direto a ele”. Além disso, a autora ainda destaca a presença de barragens.

O córrego Piraputanga, afluente da margem esquerda do rio Paraguai, que desagua a montante da cidade de Cáceres, foi analisado pelos autores Martins e Andrade (2018). Os autores aferiram vazão de $0,22 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, que corresponde apenas ao período de estiagem. Apesar de o córrego apresentar baixa vazão, o seu canal fluvial no médio e baixo curso apresentam calha superior a 5 metros de largura, o que demonstra que ele possui capacidade de drenar água em eventos de muita chuva.

O córrego Piraputanga apresenta capacidade de transportar 120 mg.l^{-1} de sedimentos em suspensão, totalizando o deslocamento de 2,28 t/dia de sedimentos na coluna d'água, no período de estiagem. Na pesquisa, os referidos autores não aferiram dados sedimentológicos no período da cheia. A quantidade de sedimentos que chega à coluna d'água ocorre por causa do seu entorno degradado, pela existência de aterro sanitário dentro da bacia hidrográfica, barragens, áreas de recreação, atividades agrícolas e pecuária (MARTINS; ANDRADE, 2018).

Segundo Santana (2017), o córrego Sangradouro encontra-se localizado na margem esquerda do rio Paraguai e tem importância por sua localização no perímetro urbano da cidade de Cáceres. Desagua na baía do Malheiros, em frente à Praça Barão do Rio Branco, local de atividades turísticas e comerciais. Apresenta vazão no período da cheia de $0,02 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, enquanto que no período de estiagem $0,01 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Conforme o referido autor, o córrego possui capacidade para transportar no período de cheia 107 mg.l^{-1} de sedimentos em suspensão, o que resulta em 0,92 toneladas de sedimentos suspenso transportados ao dia. No período de seca, os sedimentos suspensos correspondem a 93 mg.l^{-1} , que proporciona o transporte de apenas 0,72 t/dia de sedimentos na coluna d'água, apresentando redução de apenas 22%.

O Córrego Fontes caracteriza-se por canal artificial, construído em Cáceres na gestão municipal entre 1986 a 1988, com objetivo de escoar águas frente a expansão urbana e assim evitar problemas em períodos de enchentes. Segundo Santana (2017) e Cruz e Souza (2018), a sua vazão no período de estiagem e demais meses é zero (0), mesmo havendo água no canal. Tal fato ocorre por causa da presença intensa de macrófitas aquáticas e capins. Os valores de sedimentos em suspensão identificados no canal variaram entre os períodos de cheia e seca, correspondendo valores respectivos de 160 e 260 mg.l⁻¹, o que caracteriza transporte de 13,86 t/dia no período de estiagem e 22,46 e t/dia no período de chuvas. Os valores de materiais sedimentares em suspensão aferidos podem estar relacionados ao entorno do canal fluvial, que apresenta substituição da vegetação nativa por solo exposto usado como rua (ausência de asfalto) e também por sedimentos marginais. A proximidade de residências no canal confere também possibilidade de lançamento de efluentes domésticos, pois foi identificado oleosidade e viscosidade em amostras de água (SANTANA, 2017).

O córrego Junco, também localizado na margem esquerda do rio Paraguai, compreende extensa área urbana da cidade de Cáceres. Apresenta descaracterização ambiental devido a urbanização ao seu redor, o que compromete o equilíbrio natural do canal, denotando-se potencial de danos maiores ao canal e à sociedade (RAYMUNDI, 2017). Segundo a autora, a vazão deste córrego no período da cheia é de 0,04 m³.⁻¹, enquanto que na estiagem apresenta vazão de 0,02 m³.⁻¹. Conforme estudos da autora, janeiro, devido a constância de incidentes de precipitação, contribui para o maior valor de sedimentos em suspensão transportados. Deste modo, o córrego possui capacidade de transportar 80 mg.l⁻¹ de sedimentos suspensos na coluna d'água, resultando no deslocamento de 0,28 t/dia em descarga sólida. Na estiagem, o valor aferido correspondeu a 60 mg.l⁻¹ de sedimentos em suspensão, com descarga sólida de 0,10 t/dia.

O córrego Facão, estudado por Cruz (2015, p. 89), possui a vazão de 8,17 m³/sno período de chuvas, enquanto que na seca a vazão corresponde a 1,61 m³.⁻¹. Segundo a autora, o canal apresenta afloramento rochoso que servem de barragens para o fluxo, e nos períodos de estiagem, a vazão torna-se maior, o que “está relacionado ao aumento da velocidade do fluxo d'água”. Os sedimentos em suspensão monitorados pela autora demonstra maior capacidade de transporte no período de constante precipitações na região. Assim, foi identificado que na cheia é transportado 320 mg.l⁻¹ na coluna d'água, o

que corresponde a 225,88 (t/dia) toneladas de sedimentos carreados ao dia. No período de estiagem, o valor limitou-se a 160 mg.l⁻¹, equivalente a apenas 22,25 (t/dia) toneladas de sedimentos em superfície sendo transportados por dia.

O córrego Jacobina, localizado a esquerda do rio Paraguai, foi aferido no período da seca que a vazão na foz do córrego corresponde a 0,63 m³.⁻¹, enquanto que no período chuvoso alcançou vazão de 1,82 m³.⁻¹, de acordo com estudos de (BÜHLER, 2016). O córrego tem papel importante na contribuição hidráulica a esquerda do rio Paraguai. Percorre 2,5 km de extensão longitudinal e no período da cheia tem capacidade de entregar, também, carga sedimentar ao rio Paraguai (LIMA et al. 2015). A carga sedimentar suspensa em transporte pelo córrego Jacobina representa 322 mg.l⁻¹, resultando em 17,52 (t/dia) toneladas de sedimento transportados ao dia em suspensão. No período de cheia, a carga sedimentar em suspensão é 92% menor, ou seja, ocorre transporte de apenas 24 mg.l⁻¹ de sedimento em suspensão, resultando em 3,77 (t/dia) toneladas de sedimentos transportados ao dia, afirma (BÜHLER, 2016).

4.4.4 Vazão da bacia do rio Paraguai

As variações apresentadas pelas estações de coleta fluvial no rio Paraguai demonstram dinâmicas assimétricas em maior parte do ano, sendo junho e julho (meses de forte seca) valores simétricos. A relação assimétrica está relacionada ao tamanho do canal e também aos ganhos hidráulicos recebidos de todos os afluentes, de pequena ou grande hierarquia hídrica. O quadro abaixo, apresenta resultados de vazão, sedimento em suspensão e descarga sólida no rio Paraguai, de montante a jusante, no segmento que corresponde a montante da cidade de Cáceres, ao controle estrutural da Província Serrana, conforme demonstrado no (Quadro 5).

Quadro 5 – Vazão do rio Paraguai em várias seções

Bacia	Vazão					
	Cheia			Estiagem		
	Vazão Cheia (m ³ /s)	Sedimento em suspensão (mg.l ⁻¹)	Descarga Sólida (t/dia)	Vazão Estiagem (m ³ /s)	Sedimento em suspensão (mg.l ⁻¹)	Descarga Sólida (t/dia)
Rio Paraguai	141,55	270	3.302,07	123,26	387	4.121,41
Pousada Santa	171,02	380	5.614,92	111,05	293	2.811,25

Rita						
Fazenda São Pedro	121,02	363	3.795,57	102,38	427	3.777,08
Montante - Foz do rio Sepotuba	163,36	293	4.135,49	106,08	340	3.116,20
Jusante - Foz do rio Sepotuba	639,68	237	13.098,59	269,32	327	7.609,04
Montante - Foz do rio Cabaçal	468,20	193	7.807,32	203,72	320	5.632,45
Jusante - Foz do rio Cabaçal	801,50	193	13.365,17	297,60	553	14.219,08
Jusante da Praia do Julião	605,69	197	10.309,32	324	553	9.881,74
Montante do Perímetro urbano de Cáceres	510,52	190	8.380,69	362,29	580	18.155,07
Baía do late	1.100	57	5.417,28	200	106	1.831,68
Baía da Carne Seca	-----	-----	-----	569,60	480	23.622,45
Baía do Sadao	1.100	58	5.512,32	200	131	2.263,68
Baía do Ponto Certo	-----	-----	-----	893,13	260	20.063,27
Baía dos Pestiados	-----	-----	-----	1.251,30	300	32.433,70
Jusante da foz do rio Jauru	-----	-----	-----	866,97	200	14.981,24
Controle Extrutural Província Serrana	-----	-----	-----	671,55	142	8.239,11

Fonte: Adaptado de: **Leandro** (2015); **Bühler** (2011); **Paula et al.** (2015); **Lima, Silva, Souza e Leandro** (2014); **Silva et al.** (2014) e Silva et al. (2014a).

Conforme Leandro (2015), no rio Paraguai a montante da cidade de Cáceres, a vazão pode corresponder no período de cheia a 141,55 m³/s, e na estação da seca, 123,26 m³/s. Em relação a capacidade de transporte de sedimentos em suspensão, na cheia, registrou-se 270 mg.l⁻¹, correspondendo a 3.302,07 t(dia). E na estação da seca, 387 mg.l⁻¹, equivalendo a 4.121,41 t(dia). Os valores apresentados para este segmento do rio Paraguai são inferiores aos valores a jusante da cidade de Cáceres. Isto ocorre devido o rio não receber grandes afluentes, ou seja, neste ponto não há grandes contribuições hidráulicas e sedimentares.

Sobre o ponto de referência Pousada Santa Rita, identificou-se que no período de cheia a vazão alcançou 171,02 m³/s e na seca 111,05 m³/s. O que correspondeu ao transporte de 380 mg.l⁻¹ de sedimentos em suspensão na cheia, permitindo descarga sólida

de 5.614,92 t(dia) e 293 mg^{-1} na seca, ou seja, havendo transporte de 2.811,25 t(dia) toneladas por dia de partículas sedimentares em suspensão na coluna d'água (LEANDRO, 2015).

No segmento que corresponde ao rio Paraguai, na altura da Fazenda São Pedro, os dados coletados demonstraram que no período da cheia a vazão correspondeu a $121,02 \text{ m}^3/\text{s}$, enquanto que foi aferido no período de seca o valor de $102,38 \text{ m}^3/\text{s}$. A capacidade de transporte deste segmento corresponde no período de cheia a 363 mg.l^{-1} , conseqüentemente a descarga sólida de 3.795,57 t(dia), enquanto que na seca, a capacidade de transporte não é tão afetada, registrando 427 mg.l^{-1} de sedimentos em suspensão e descarga de sólidos suspensos de 3.777,08 t(dia) (LEANDRO, 2015).

A montante da foz do rio Sepotuba, um dos grandes afluentes do rio Paraguai, registrou-se ocorrência na cheia de vazão de $163,36 \text{ m}^3/\text{s}$ e na seca $106,08 \text{ m}^3/\text{s}$. Na respectiva localidade, registrou 293 mg.l^{-1} , com 4.135,49 t(dia) toneladas de sedimentos em suspensão em transporte por dia, na estação chuvosa. Enquanto que na estação de estiagem, os dados corresponderam a 340 mg.l^{-1} , equivalendo a 3.116,20 t(dia) (LEANDRO, 2015).

A jusante da foz do rio Sepotuba, situado no rio Paraguai, Leandro (2015) aferiu vazão correspondente a $639,68 \text{ m}^3/\text{s}$ na estação de chuvas, enquanto que na estação de seca, o volume de água no canal correspondeu a apenas $269,32 \text{ m}^3$, havendo redução de 42,10%. Conforme o autor, são transportados 237 mg.l^{-1} de sedimentos em suspensão, o que resulta em 1.098,59 toneladas de descarga de sólidos suspensos por dia no período de chuvas e 327 mg.l^{-1} de sedimentos em suspensão na seca, ocorrendo descarga sólida de 7.609,04 t(dia).

A montante da foz do rio Cabaçal, outro grande afluente do rio Paraguai, a vazão aferida resultou em $468,20 \text{ m}^3/\text{s}$ na cheia e $203,72 \text{ m}^3/\text{s}$ na seca. Sobre o transporte de sedimentos em suspensão, os dados coletados mostraram que no período de chuvas ocorreu 193 mg.l^{-1} , equivalendo a descarga de sólidos suspensos em 7.807,32 t(dia). E no período de estiagem, aferiu 320 mg.l^{-1} , ou seja, 5.632,45 t(dia) (LEANDRO, 2015).

A vazão do rio Paraguai, a jusante da foz do rio Cabaçal, registrou na cheia $801,50 \text{ m}^3/\text{s}$ e $297,60 \text{ m}^3/\text{s}$ no período de estiagem, verificando assim, a maior vazão até o segmento descrito. No respectivo ponto analisado, o rio Paraguai superou a largura de 150 metros, alcançando profundidades, em alguns pontos, superiores a 3 metros. A

competência sedimentar deste ponto mostrou que no período chuvoso a coluna d'água transportada é de 193 mg.l^{-1} de sedimentos em suspensão, correspondendo a $13.365,17 \text{ t(dia)}$ de descarga sólida de sedimentos ao dia. Enquanto que no período de seca, a capacidade sobe para 553 mg.l^{-1} , equivalendo a capacidade de transporte com volume de $14.219,08 \text{ t(dia)}$ descarga em toneladas de sedimentos por dia (LEANDRO, 2015).

A jusante da praia do Julião, Leandro (2015) aferiu que a vazão correspondente foi de $605,69 \text{ m}^3/\text{s}$ no período da cheia e $324 \text{ m}^3/\text{s}$ na estiagem. Respectivamente, correspondeu a 197 mg.l^{-1} na cheia, com descarga sólida de $10.309,32 \text{ t(dia)}$. Enquanto que na estação seca, apresentou 553 mg.l^{-1} de sedimentos em suspensão, representando descarga de sólidos suspensos por dia de $9.881,74 \text{ t(dia)}$.

O segmento que representa a montante do perímetro urbano de Cáceres constatou-se que a vazão no período de cheia foi de $510,52 \text{ m}^3/\text{s}$. E no período de estiagem, registrou-se vazão de $362,29 \text{ m}^3/\text{s}$. Aferiu-se, também, que neste segmento, as partículas em suspensão e transporte correspondeu a 190 mg.l^{-1} na cheia e 580 mg.l^{-1} na seca, equivalendo a $5.417,28 \text{ t(dia)}$ e a $18.155,07 \text{ t(dia)}$ toneladas de sedimentos em descarga por dia (LEANDRO, 2015).

Bühler (2011), que desenvolveu pesquisas no percurso entre a baía do late até a região da baía do Sadao, constatou haver vazão equivalente a $1.100 \text{ m}^3/\text{s}$ na sazonalidade de cheia. Em relação ao período de seca, a autora afirma que registrou apenas $200 \text{ m}^3/\text{s}$. Sobre a carga sedimentar em suspensão, a autora indica a presença de 57 mg.l^{-1} de sedimentos em suspensão na coluna d'água, o que chegou a mobilizar $5.417,28 \text{ t(dia)}$ toneladas de sedimentos de montante a jusante por dia, em decorrência do período de cheia na região. E no período de seca, registrou-se 106 mg.l^{-1} , descarregando por dia $1.831,68 \text{ t(dia)}$ toneladas de sedimentos em suspensão. A área mencionada encontra-se em frente à cidade de Cáceres, em toda sua extensão, o que contribui diretamente nos sedimentos encontrados, pois as margens são utilizadas por moradores e pescadores. Além disso, recebe efluentes da cidade e que posterior às chuvas o escoamento superficial transporta os sedimentos para dentro dos canais urbanos.

A baía da Carne Seca está localizada no perímetro da cidade de Cáceres. Apesar da denominação ser de feição morfológica, o ponto de coleta ocorreu no rio Paraguai, em frente à baía. Foi verificado por Paula et al. (2016) vazão de $569,60 \text{ m}^3/\text{s}$ na estação da seca, com capacidade para transporte de sedimentos em suspensão de 480 mg.l^{-1} , ou seja,

23.622,45 t(dia) toneladas de sedimento em transporte por dia. Os autores não aferiram o segmento no período de chuvas. A área apresenta, do lado direito, uma vasta planície de inundação, com vários canais secundários, de pequeno porte. Em períodos chuvosos, ocorre o extravasamento do limite da canha do rio para os canais, assim, contribuindo para que haja dispersão da vazão do canal principal.

Bühler (2011) também fez levantamento hidrológico sobre a baía do Sadao, trecho do rio Paraguai a jusante da baía da Carne Seca. A autora registrou em sua pesquisa vazão de 1.100 m³/s no período da cheia e 200 m³/s na seca. Respectivamente nos períodos chuvosos e de seca, a autora constatou 58 mg.l⁻¹, que mobiliza 5.512,32 t(dia). Enquanto que no período de seca, a capacidade de transporte de sedimentos em suspensão resulta em 131 mg.l⁻¹, descarregando 2.263,68 t(dia) toneladas de sedimentos em suspensão por dia.

O trecho que corresponde à baía do Ponto Certo está localizado a seis quilômetros a jusante da cidade de Cáceres. Observou-se que possui vazão de 893,13 m³/s registrada apenas no período de estiagem. Aferiu-se que os sedimentos em suspensão são equivalentes a 260 mg.l⁻¹, resultando em descarga sólida de 20.063,27 t(dia) toneladas ao dia de sedimentos suspensos (SILVA et al. 2014a).

Silva et al. (2014a) desenvolveram análises sobre a baía dos Pestiados, a jusante da baía Ponto Certo. Foi constatado vazão de 1.251,30 m³/s apenas no período de estiagem. Aferiu-se que os sedimentos em suspensão neste local foi de 300 mg.l⁻¹, correspondendo a 32.433,70 toneladas de sedimentos em suspensão carregados por dia. Notou-se, também, que o trecho apresenta a maior quantidade de mobilização de sedimentos, e que o fato, pode estar relacionado à pouca vegetação ciliar a esquerda do rio Paraguai, depois de substituída a vegetação nativa por pastagem para alimento de gado.

O rio Paraguai, a jusante da foz do rio Jauru, possui vazão equivalente a 866,97 m³/s. Os dados aferidos se referem ao período de seca e apresentou 200 mg.l⁻¹ de sedimentos em suspensão transportados na coluna d'água. O que representa, pelas características hidráulicas, descarga de sólidos suspensos em 14.981,24 t(dia) (SILVA et al. 2014). A autora afirma que no controle estrutural – Província Serrana, a jusante da área citada no parágrafo anterior - a vazão corresponde a 671,55 m³/s, coletados na estação de seca. No trecho é visível grande quantidade de cascalhos e pedregulhos depositados no talvegue do

canal. Os sedimentos em suspensão aferidos mostraram capacidade para transporte de 142 mg.l^{-1} , totalizando descarga sólida de material suspenso ao dia de 8.239,11 t(dia).

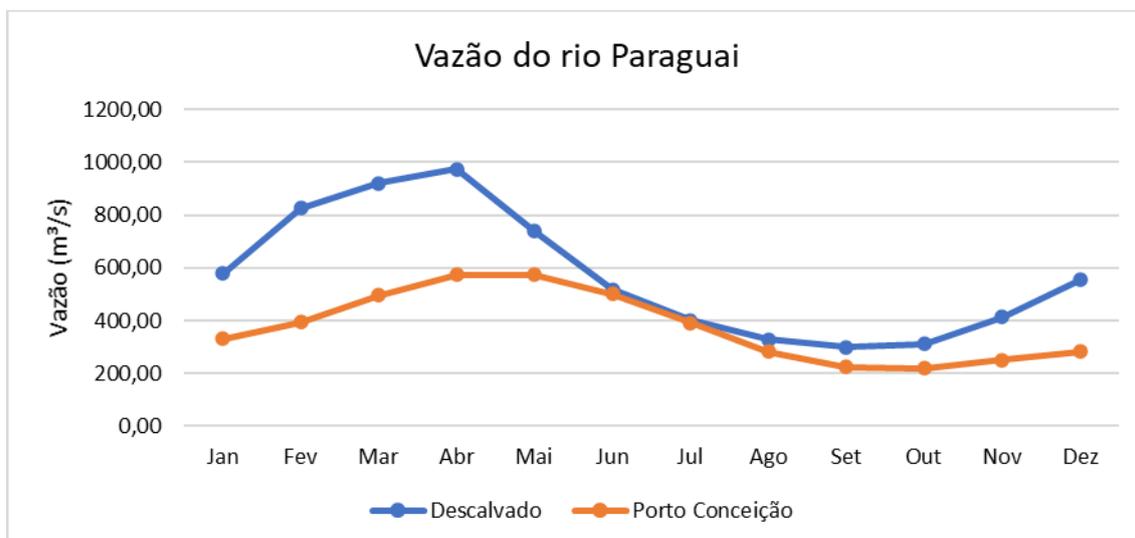
Segundo Tucci (2004, p. 14), a alteração do ambiente hidrológico no rio Paraguai pode causar redução da capacidade e quantidade de água escoadas para baías e áreas inundadas. O autor chama a atenção para a capacidade de recarga do Pantanal e o constante *imput* de sedimentos, que segundo ele, “a área inundada do Pantanal poderia ser muito menor nos anos mais secos, criando condicionantes diferentes dos naturais do Pantanal”.

Em relação aos impactos causados por sedimentos carreados para o rio Paraguai e para o Pantanal, os autores Silva, Souza Filho e Neves (2011, p. 80) afirmam que “o incremento da carga de sedimentos depositadas [...] remodelam o canal fazendo com que o mesmo ao longo do tempo altere sua forma e seu traçado”. Os autores também refletem sobre a intensificação dos processos erosivos e sedimentares, que “podem provocar estreitamento do canal, e a sua reutilização, em alguns pontos, pode diminuir a extensão longitudinal, sua declividade e competência”.

Tucci (2004) considera que em relação ao Pantanal, os materiais sedimentares são depositados no fundo das pequenas feições negativas, por exemplo, os lagos, colmatando-se o fundo, criando uma cobertura que reduz a percolação da água, principalmente pelas laterais. Ou seja, fator que aumenta o comportamento hídrico de escoamento superficial em relação a infiltração dessas águas para o lençol freático.

O histograma que representa a vazão no rio Paraguai demonstrou haver em janeiro vazão entre $578,73 \text{ m}^3/\text{s}$ a $330,19 \text{ m}^3/\text{s}$. Tais dados foram coletados e quantificados pelas respectivas estações fluviométricas Descalvado e Porto Conceição. Em fevereiro, notou-se que para ambas as estações houve acréscimo na vazão, registrando $827,02 \text{ m}^3/\text{s}$ (Descalvado) e $393,94 \text{ m}^3/\text{s}$ (Porto Conceição).

Em março, os dados fluviométricos são ainda maiores. A estação Descalvado apresentou vazão de $919,96 \text{ m}^3/\text{s}$, enquanto que a estação Porto Conceição $495,95 \text{ m}^3/\text{s}$, ou seja, 46% a mais de vazão de uma estação para outra. Em abril, de acordo com o histograma, a vazão chegou ao ápice na estação de coleta Descalvado, correspondendo a $973,05 \text{ m}^3/\text{s}$. Na estação Porto Conceição, observou-se que o ápice ocorreu no mês subsequente, apresentando descarga de $574,73 \text{ m}^3/\text{s}$. (Figura 22).

Figura 22 - Histograma de vazão no rio Paraguai

Elaboração: o autor (2020).

Em junho, as estações apresentam basicamente um empate em relação aos valores aferidos, ou seja, houve simetria sobre o fluxo. A porcentagem média de uma estação para outra é de apenas 4%. Esta mesma simetria estende-se a julho, que apesar do decréscimo no nível do rio, a porcentagem de vazão média de uma para outra foi de 3%.

Segundo Tucci (2004, p. 6), a vazão máxima do rio Paraguai, na altura da cidade de Cáceres, ocorre de março para junho “com três meses de defasagem”. O autor constatou que em março a vazão média do rio varia aproximadamente de 900 a 1000 m³/s, enquanto que em junho os valores variam entre 450 a 490 m³/s. Ou seja, a avaliação do autor corresponde com a estimativa construída pelo histograma apresentado.

Em agosto, notou-se uma pequena diferença na vazão entre as duas estações, no entanto, ainda ocorre o decréscimo na altura do rio e consecutivamente na vazão. O nível mais baixo coletado ocorreu no mês de setembro, com uma pequena diferença entre Descalvado (298,05 m³/s) e Porto Conceição (223,66 m³/s), equivalente a apenas 25%.

Em outubro, observou-se pequenos acréscimos na vazão aferidos pela estação Descalvado (310,23 m³/s) e leve redução na estação Porto Conceição (218,97 m³/s). Em novembro, para ambas, as estações ocorreram acréscimo no nível do rio Paraguai, constatando que a vazão para a Descalvado foi de 413,57 m³/s, enquanto que para Porto Conceição foi de 249,57, diferença de 40% entre as mesmas. A avaliação de Tucci (2004)

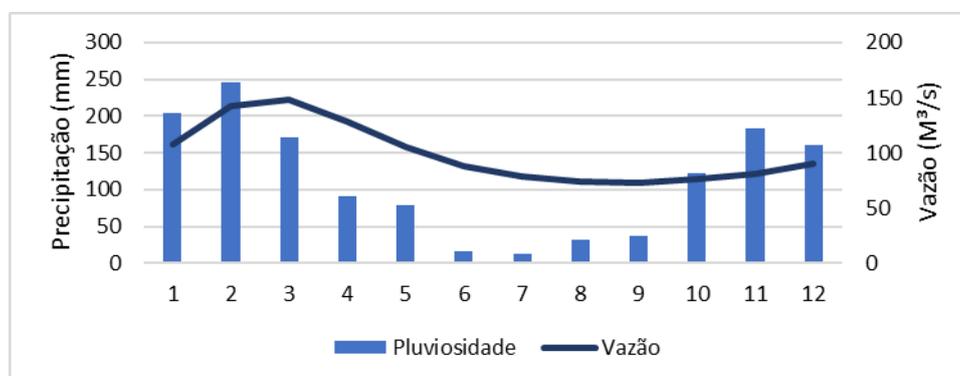
demonstra que de agosto a outubro não houve grandes variações hidrológicas, com média de 450 m³/s de vazão, correspondendo ao período de estiagem na região.

Em dezembro, observa-se que o gráfico demonstra um crescimento gradativo, graças ao período de chuvas na região, e conseqüentemente de acréscimo na vazão, constatando-se que na estação fluviométrica Descalvado a vazão é de 553,69 m³/s e na estação Porto Conceição 283,18 m³/s. Dessa forma, foi constatado que a estação Descalvado aferiu vazão superior a Porto Conceição em 49%.

O histograma apresentado na figura 20 demonstra o balanço médio hidrológico entre precipitação e vazão de 2008 a 2018. As barras que representam a pluviosidade denotam o início do período de chuvas a partir de outubro e que se encerram em março. E a resposta para a vazão, segue posteriormente a Figura 20. Deste modo, pode-se afirmar que o comportamento hídrico corresponde à análise apresentada pelos resultados, que conferem ao estudo de Tucci (2004) sobre Balanço hídrico do Pantanal.

Entende-se que na bacia do rio Juru inicia a alta concentração de chuvas em novembro e segue até fevereiro. Enquanto que os menores índices ocorrem de abril a setembro. A resposta fluviométrica ocorre três meses depois do início das chuvas, perdurando até a redução da mesma, pois os maiores níveis de vazão ocorrem entre fevereiro a abril. Os menores níveis fluviométricos decaem em 60 dias após a diminuição da precipitação (março), perdurando até setembro (Figura 23).

Figura 23 - Precipitação e vazão média mensal para o período de 2008-2018 para a bacia hidrográfica do rio Juru-MT



Elaboração: o autor (2020).

Cabe ressaltar que a diferença entre os três meses refere-se ao nível mais alto dos rios e córregos. E os dois meses, correspondem a diminuição das chuvas. No primeiro caso, a resposta leva trinta dias a mais pois ocorre primeiramente infiltração e percolação da água para o lençol freático, e somente após este processo, ocorre o escoamento superficial e inundação da planície.

Conforme Leandro (2015), alguns trechos possuem em seu entorno relevo aplainado, que favorece a infiltração da água e dificulta o escoamento superficial. Apesar de caracterizarem-se bacias hidrográficas diferentes, conforme levantamento secundário e mapeamento, as áreas possuem características semelhantes em Geologia (Pantanal – terraços aluvionares), Geomorfologia (Depressão do Rio Paraguai) e predominância do Solo (Argissolo Vermelho-Amarelo).

Na bacia do rio Paraguai, as chuvas também iniciam a concentração em novembro, estendendo-se até o mês de março. Do mesmo modo, a vazão do rio Paraguai demonstra acréscimo, registrando a maior concentração de águas também três meses depois do ápice pluviométrico. Posterior a março, os índices de chuvas reduzem consideravelmente, gerando decréscimo no nível da água, ocorrendo a menor precipitação e vazão em setembro, conforme figura 24.

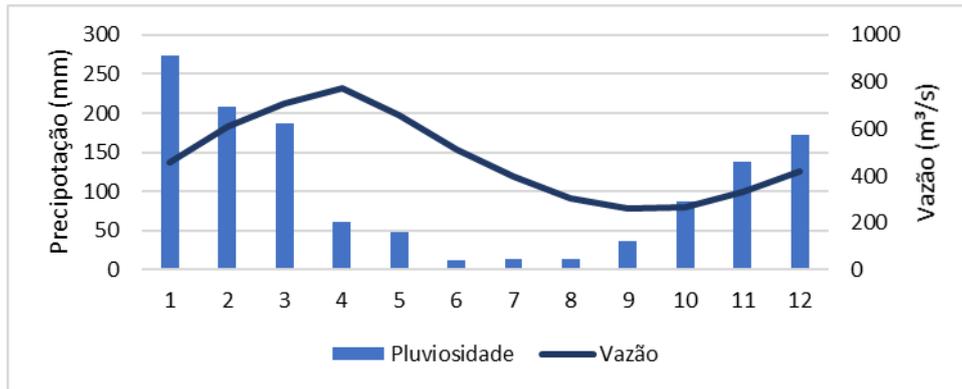
O fluxo hidráulico pode entrar no rio Paraguai e isto ocorre pelo fato de que o fluxo dos rios tributários não possui a capacidade hidráulica de adentrar no rio Paraguai (contra-corrente). Quando o seu nível é reduzido ocorre a penetração deste fluxo, minimizando a inundação a montante e sustentando o abastecimento freático e o rio Paraguai por muitos meses (TUCCI, 2004).

Os índices aferidos na temporalidade de dez anos apresentaram valores de chuva máximo de 159,40 mm no Pantanal de Cáceres, médio de 12,73 mm, e mínimo de 0,23 mm. Identificou-se que a vazão diária máxima alcançou nível de 1.220,31 m³/s, médio de 566,61 m³/s e mínimo de 169,39 m³/s, conforme apresentado na tabela 8.

A vazão total dos afluentes da margem direita do rio Paraguai pode variar conforme a estação de estiagem e de cheia, alterando-se entre 280 a 300 m³/s. Enquanto que a vazão dos afluentes da margem esquerda, registrou valores que variam entre 5 a 15 m³/s. Esta diferença de vazão entre as margens, ocorre devido os tributários da margem direita possuírem grande área de captação formada por divisores de águas, depressão e planície,

que se estendem por vários municípios. Enquanto que os da margem esquerda, possuem uma área menor, restrita ao município de Cáceres, e têm como fator limitador a Província Serrana.

Figura 24 - Precipitação e vazão média mensal para o período de 2008-2018 na bacia hidrográfica do rio Paraguai-MT



Elaboração: o autor (2020).

Tabela 8 - Tabulação de valores sobre a precipitação e vazão

Precipitação (mm)		
Mínimo	Médio	Máximo
0,23	12,73	159,40
Vazão (m³/S)		
Mínimo	Médio	Máximo
169,395	566,61	1220,31

Elaboração: o autor (2020).

4.5 SIMULAÇÃO DE INUNDAÇÃO

A simulação tridimensional constitui-se a representação topográfica da área de estudo que corresponde a três compartimentos: a foz dos rios Sepotuba e Cabaçal com o rio Paraguai, a baía do Malheiros, e o Pantanal de Cáceres, na altura do Ilha Taiamã. Foi possível identificar o regime de inundação desses compartimentos em decorrência da sazonalidade de cheia e estiagem.

O rio Paraguai passa por diferentes sistemas de inundação que caracterizam sua dinâmica. Conforme os autores mencionados abaixo, esta dinâmica apresenta-se por “quatro períodos hidrodinâmicos, sendo os picos de Cheia entre janeiro - março, período de Vazante, entre julho – setembro, com intervalos de Enchimento (outubro - dezembro) e Esvaziamento (abril – junho)” (LEANDRO; NASCIMENTO; SOUZA, 2017, p. 5.979)

Através de dados coletados na Agência Fluvial de Cáceres – Marinha do Brasil e comparados com os níveis de vazão das estações fluviométricas, notou-se que os intervalos correspondem ao ápice do volume de água, o que corresponde a cheia entre Março – Abril, com posterior vazante entre Maio – Agosto. Seca, entre Setembro – Outubro. E enchente, que corresponde a resposta das chuvas na região, entre Novembro – Fevereiro.

Em onze (11) anos (2008 - 2018), referente ao período de enchente, o nível mínimo correspondeu a 0,82 m no ano de 2012, enquanto o nível máximo aferido foi de 5,72 m registrado em 2014. No período de cheia, o nível mínimo foi equivalente a 2,91 m em 2016 e o nível máximo foi de 5,97 m, também em 2014.

Nos períodos que correspondem ao menor volume de água regional, o intervalo de vazante apresentou nível mínimo de 0,81 m em 2016 e o nível máximo foi registrado em 2014 com 4,38 m. Na seca, o nível mínimo aferido pela Agência Fluvial de Cáceres foi de 0,70 m em 2013 e o máximo de 1,78 m em 2014, demonstrado no quadro 6.

Quadro 6 - Nível do rio Paraguai na baía do Malheiros

Nível do rio Paraguai na baía do Malheiros (2008 - 2018)												
Ano	Enchente			Cheia			Vazante			Seca		
	Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo
2008	1,17	2,83	4,95	3,68	4,19	4,58	1,11	1,99	3,62	0,97	1,15	1,50
2009	1,52	2,41	3,35	3,56	4,12	4,81	1,05	1,91	3,83	1,02	1,20	1,68
2010	1,22	2,75	5,68	3,22	4,12	5,39	1,10	1,74	3,12	0,92	1,22	1,76
2011	1,07	2,24	4,86	3,88	4,86	5,40	1,16	1,89	3,72	0,97	1,07	1,27
2012	0,82	2,29	3,58	3,18	3,78	4,29	0,94	2,02	3,42	0,80	0,98	1,24
2013	1,02	2,39	4,32	3,22	3,93	4,34	0,92	1,79	3,12	0,70	1,05	1,32
2014	1,47	3,03	5,72	4,28	5,00	5,97	1,44	3,08	4,38	1,04	1,29	1,78
2015	1,24	2,66	4,46	4,04	4,38	4,82	1,14	2,62	4,32	0,86	1,11	1,34
2016	1,04	2,62	4,17	2,91	3,86	4,35	0,81	1,63	2,84	0,82	0,98	1,18
2017	1,10	2,91	5,16	4,24	4,59	5,58	1,23	2,51	4,36	0,90	1,11	1,34
2018	1,52	3,36	4,80	3,94	4,49	4,96	1,16	2,30	3,88	1,15	1,38	1,64

Legenda: Nível mínimo do rio no período
 Nível máximo do rio no período

Elaboração: o autor (2020).

Deste modo, identificou-se que em 2014 houve o maior volume de água entre todos os períodos analisados de (2008 - 2018) e apresentou pico no período da cheia com 5,97

m. Enquanto que os níveis mínimos foi apresentado em anos distintos, registrando o menor valor em 2013 sobre a sazonalidade de seca com 0,70 m. No entanto, trabalhou-se com a hipótese apenas de dois períodos, sendo-os de seca (março a outubro) e cheia (novembro a fevereiro), na modelagem das áreas de estudo.

Conforme a tabela apresentada acima, pode-se afirmar que na sazonalidade da estiagem os valores médios do volume de água no rio e na planície não ultrapassam dois (2) metros de altura, acompanhado por um período de transição, que corresponde a variação do volume hidrológico entre enchente e vazante, que oscila com valores superiores a dois (2) metros e inferior a três (3) metros. E no período de cheia, possui valores superiores a quatro (4) metros.

Os valores apresentados no Modelo Digital de Elevação, combinado com a ferramenta de animação por meio de interpolação vertical, proporcionou a visualização do comportamento de inundação na planície do rio Paraguai. A visualização ocorre por meio do *frame* (posição da animação) que indica a posição (altura) da massa água em relação ao relevo. Inicialmente é representado o nível mais baixo, que corresponde a sazonalidade da estiagem regional, enquanto que o último *frame* exibe a inundação sobre a altura máxima registrada em relação ao relevo.

Na área de estudo que corresponde à confluência do rio Sepotuba e o rio Cabaçal com o rio Paraguai, a altimetria mínima que representa os canais fluviais registrou 100 metros subtraídos pela altura média do rio Paraguai, ou seja, 2,25 metros. Deste modo, para este recorte espacial, o valor mínimo adotado foi de 97,44 metros em relação ao nível do mar. Abaixo, o Quadro 7 representa a altura da régua em metros, que permite a leitura do nível do rio. Enquanto que a altura da água corresponde à altura do relevo, somado à altura da régua. Já o incremento, corresponde apenas ao nível de inundação da planície, onde 0% corresponde ao período de seca até alcançar 100%, ou seja, período de cheia.

A altura mínima constatada pela Agência Fluvial de Cáceres representa no Frame 1 o equivalente a 98,14 m (97,44 m + 0,70 m), mínima de altura do rio na seca, ou seja, 0% ou nível de base mínimo de incremento de volume de água. Os valores seguem baixos, mas com acréscimo na altura do rio até o frame 03, com altimetria de 98,69 m (96,94 m + 1,75 m), que representa aumento na vazão e volume do rio. Os frames que apresentam valores inferiores a 2 metros da altura da régua representam o período de seca.

Os valores apresentados acima de 2 metros e inferiores a 4 metros representam a transição sazonal durante o ano, entre os períodos de seca e cheia. Constatou-se que a transição ocorreu no Frame 4, registrando massas d'água com altimetria de 99,27 m (96,99 m + 2,28 m), seguindo até o Frame 7 com altimetria de 101,55 (97,69 m + 3,86 m).

As maiores altimetrias são registradas a partir do Frame 8, com 102,27 m (97,88 m + 4,39 m), que segue recebendo volume dos afluentes a montante e inundando a planície. Conforme é registrado pela Agência Fluvial de Cáceres, o nível do rio Paraguai alcançou máxima de 103,41 m (97,44 m + 5,97 m), que representa no Frame 11, 100% de incremento de volume a partir da movimentação vertical de inundação. A equidistância média de altimetria entre um frame e outro foi equivalente a 0,479 m, conforme apresentado no (Quadro 7).

Quadro 7 – Confluência dos rios Sepotuba e Cabaçal com o rio Paraguai

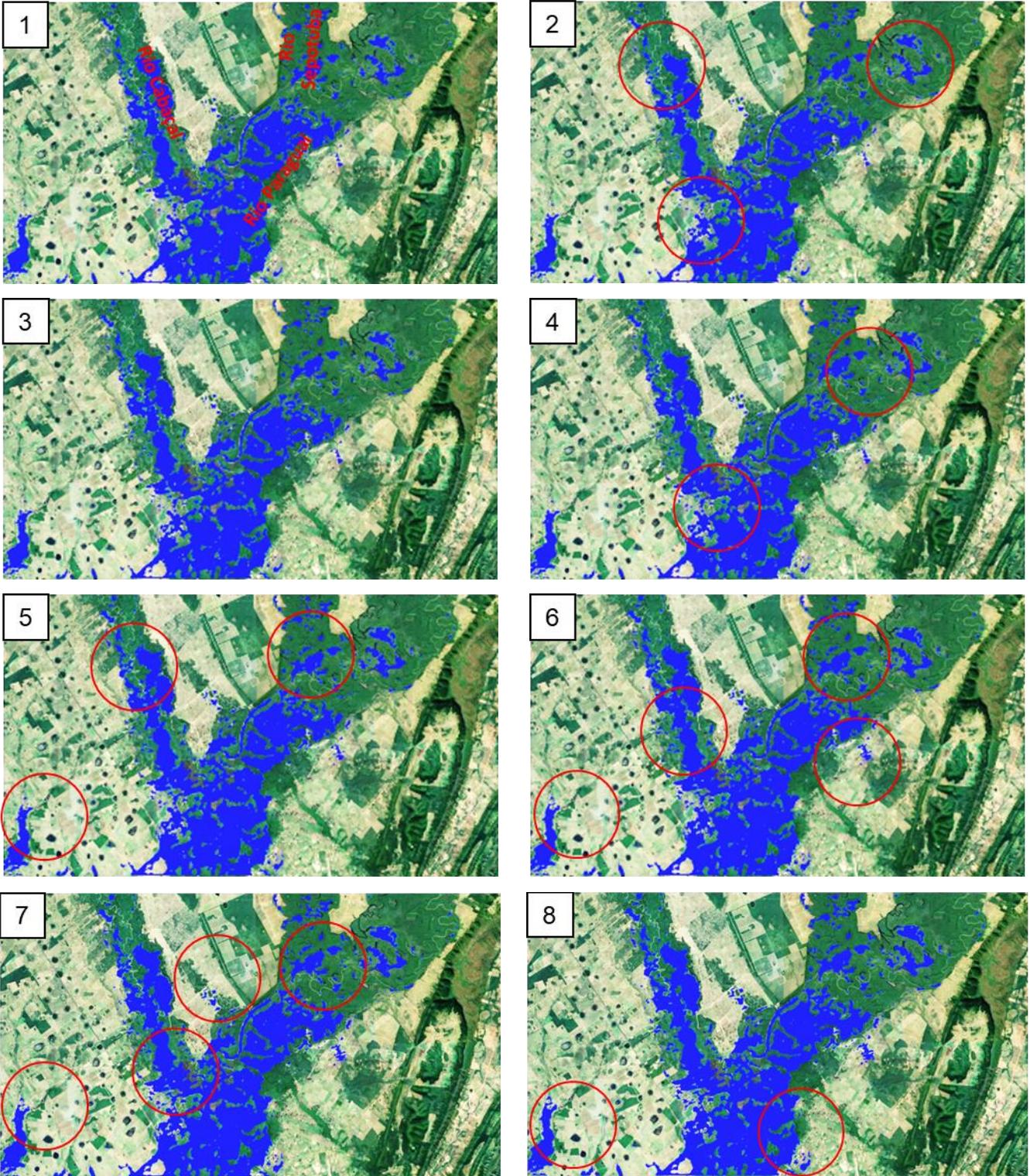
	Período de seca			Transição sazonal entre seca e cheia				Período de cheia			
	Frame 1	Frame 2	Frame 3	Frame 4	Frame 5	Frame 6	Frame 7	Frame 8	Frame 9	Frame 10	Frame 11
Altura da régua (m)	0,7	1,23	1,75	2,28	2,81	3,34	3,86	4,39	4,92	5,44	5,97
Altura da Água (m)	98,14	98,29	98,69	99,27	99,99	100,78	101,55	102,27	102,86	103,26	103,41
Incremento (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

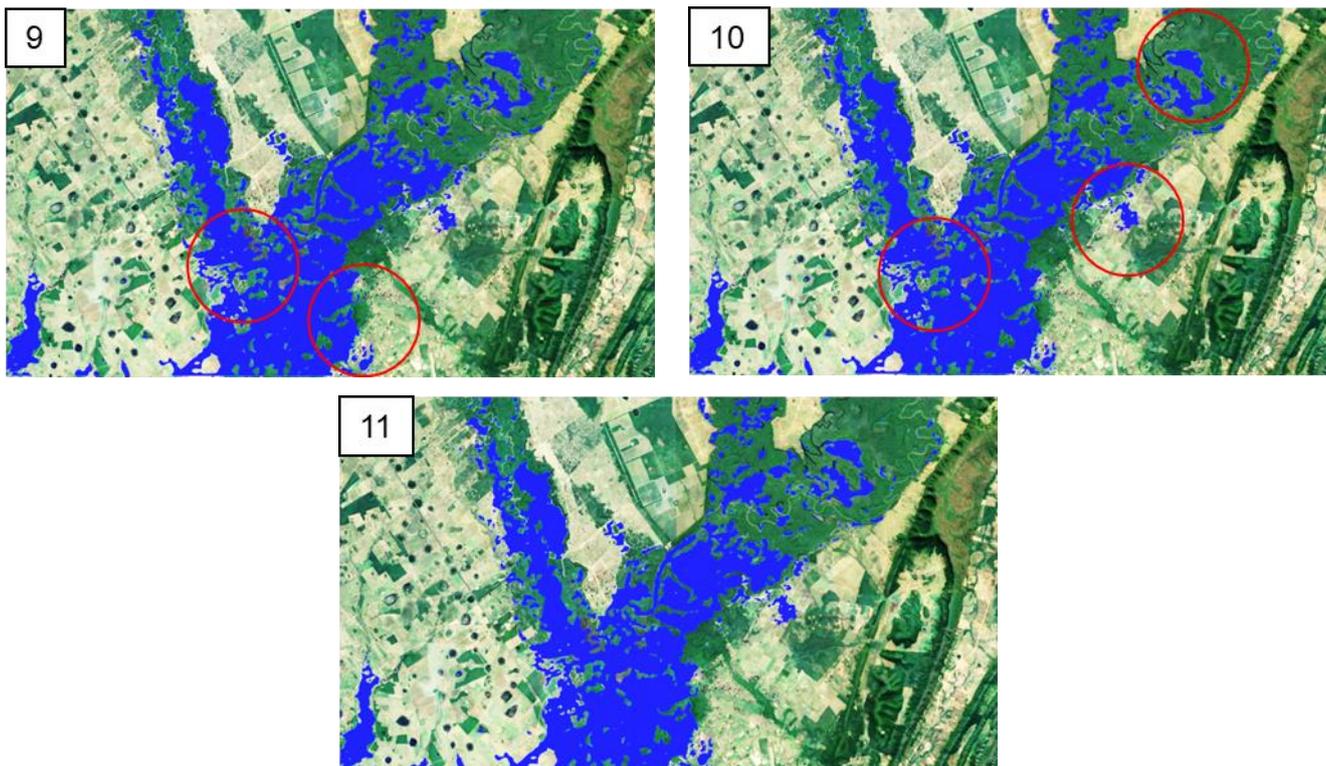
Elaboração: o autor (2020).

Segue abaixo a transição de frames que demonstra o corredor fluvial e a planície do rio Paraguai saindo do período de seca (águas baixas), conforme representado nos frames 1 a 3. A transição sazonal, altimetrias médias acima de 2 m e inferior a 4 m, são representados nos frames de 4 a 7. E por fim, o período que corresponde às maiores altimetrias e inundação do canal para a planície, todas acima de 4 m, conforme demonstrados nos frames de 8 a 11.

Cabe enfatizar que os valores apresentados não decorrem de apenas um ano, mas da média anual ocorrida num período de 11 anos (2008 - 2018), conforme destacado. Em relação às imagens de satélite, correspondente a área de estudo, cabe afirmar que representam imagens recentes, de (2019 - 2020), adquiridas do *basemap* da Nasa e demonstradas na (Figura 25).

Figura 25 - Frames do modelo tridimensional de inundação (rios Sepotuba, Cabaçal e Paraguai)





Elaboração: o autor (2020).

Observa-se, ao comparar os frames, que do período de seca para o de cheia, ocorreu expansão de forma horizontal, ou seja, houve inundação do corredor fluvial, alcançando também a planície. No entanto, a expansão horizontal só é visível a partir do Frame 4, quando indica que antes de a planície se estender ocorreu a verticalização por acúmulo do volume de água nos canais fluviais, baías e lagoas. A evolução da inundação verifica-se na descrição dos frames abaixo.

O Frame 1 demonstra o estado inicial da modelagem tridimensional. A menor altimetria do rio aferida por meio da régua fluvial apresenta apenas 0,70 m. O Frame 2 em relação ao Frame 1 apresenta incremento gradativo do volume de água, com inundação de lagoas ou baías na confluência do rio Sepotuba com o Paraguai. Também ocorre a inundação dessas feições no baixo curso do rio Cabaçal e em sua confluência com o rio Paraguai. Essas alterações são identificadas através de circunferências em vermelho no corredor fluvial, conforme apresentado nas imagens da (Figura 22).

O Frame 3 não demonstra inundação horizontal sobre a planície. Assim, pode-se considerar que a ocupação das águas ocorre de forma vertical, dando profundidade aos corpos hídricos.

O Frame 4 demonstra inundação horizontal com altimetria da água em 99,27 m. Nota-se inundação do canal secundário, na confluência do rio Sepotuba com o Paraguai. Na planície de inundação, à esquerda de montante (N) a jusante (S), observa-se a formação de uma baía maior que as outras que foram formadas no corredor fluvial. Registra-se inundação em baías no rio Paraguai, após a confluência com o rio Cabaçal e também na planície de inundação a noroeste.

De acordo com estudos de Lima (2018), no baixo curso do rio Cabaçal as alterações morfológicas espaço/temporal ocorrem pela dinâmica fluvial e sedimentar, que podem ocasionar desaparecimento ou surgimento de feições. Enquanto que na planície fluvial, a autora considera que as atividades humanas são os principais fatores de alterações do espaço, por exemplo, desmatamento e retirada de barro, que impulsionou a movimentação vertical do lençol freático, fazendo surgir lagoas que são abastecidas de forma difusa.

No Frame 5 ocorre a diminuição de inundação horizontal em vários pontos. Sendo assim, verifica-se que houve comportamento de inundação no rio Paraguai, acima da confluência do rio Sepotuba. Nota-se a ocorrência de inundação vertical na planície de inundação a esquerda, e também, na confluência entre os rios Cabaçal e Paraguai, com inundação de várias baías e lagos dentro do corredor fluvial.

No Frame 6 indica inundação em apenas quatro locais: acima da confluência do rio Sepotuba com o rio Paraguai, na planície de inundação a esquerda, no baixo curso do rio Cabaçal, e em sua planície de inundação, a direita do corredor fluvial.

No Frame 7 a animação apresenta ocorrência de inundações no centro do canal fluvial, a montante da foz do rio Sepotuba. Verifica-se também a ocorrência de inundação na planície a esquerda. A planície a direita, antes da confluência com o rio Cabaçal, também começa a haver inundação. No baixo curso do rio Cabaçal ocorre inundações de baías. Após a confluência com o rio Paraguai, nota-se a presença de inundação próximo ao canal fluvial, tanto a esquerda quanto a direita. Além disso, é possível verificar maior volume de água na planície de inundação a Oeste.

No frame 8 registrou-se altitude da água em 102,27 m. Neste ponto, as maiores alterações observadas referem-se ao aumento do volume de água vertical, ou seja, as

cavidades preenchidas com água se tornaram baías e lagoas ganhando profundidade. As inundações horizontais ocorrem em dois pontos na planície de inundação: a esquerda, ao lado do corredor fluvial e um pouco mais a jusante na foz do Cabaçal, e na planície a direita.

No Frame 9 verifica-se a ocorrência de mudanças em dois pontos: a primeira, sobre a planície de inundação a esquerda, e a segunda, exatamente na confluência do rio Cabaçal. No Frame 10, nota-se maiores inundações a montante da foz do rio Sepotuba, na baía localizada na planície de inundação a esquerda. E, mais uma vez, ocorre a expansão na foz do rio Cabaçal. Por fim, no Frame (11), registra-se o valor máximo de inundação em 103,41 m e não apresentou mudanças na inundação horizontal.

Paula (2019, p. 74) registra que houve redução e surgimento de feições morfológicas no corredor fluvial do rio Cabaçal e associa que esta dinâmica das feições está associada “a variações pluviométricas devido queda no índice de precipitação”. O autor considera que a dinâmica fluvial do canal, potencializada pela ação antrópica, resultou na transformação da paisagem.

Sobre a potencialidade da ação antrópica como fator de pressão sobre o ambiente, Félix (2018, p. 19) considera ser uma “desconformidade da relação do uso da terra e as características ambientais”, que segundo o autor, apresenta sinais claros de esgotamento dos recursos naturais e desequilíbrio. Tais fatos, resultam em uma fonte de “grande quantidade de sedimentos para o bioma Pantanal”. E se esses sedimentos forem transportados para os cursos d’água, sobrecarregando a rede de drenagem, favorece o transbordamento das águas confinadas nas calhas para a planície pantaneira.

A dinâmica pluviométrica integra parte da dinâmica fluvial na área de estudo e tem como variável a iminência de inundação, como “a quantidade de precipitações (volume), os regimes sazonais ou diários dessas precipitações, ou seja, sua distribuição temporal e a intensidade das chuvas individuais (volume e duração)”. Deste modo, ocorre no período das chuvas, o “transbordamento da água e dos sedimentos para a planície no baixo curso, favorecendo o alagamento periódico da planície, além de contribuir para o abastecimento de lagoas e baías”, afirma os autores (SOUZA; CUNHA; SOUSA, 2019, p. 780).

A foz do rio Cabaçal com o rio Paraguai é o local que demonstrou maior inundação sobre a evolução espaço-tempo por interpolação na animação. Os frames demonstraram a ocorrência de diversas mudanças na foz e no baixo curso do Cabaçal, o que pode estar relacionado com o baixo gradiente topográfico do rio Cabaçal. Lima (2018), após realizar

pesquisas de levantamento temporal de várias feições morfológicas no baixo curso do rio Cabaçal, relata o surgimento de várias lagoas. Conforme a autora, algumas delas se justificam por questões geoambientais e baixo gradiente, enquanto outras, surgiram por causa da supressão da vegetação ou por atividades antrópicas.

Féliz (2018) afirma que a respectiva área dispõe de dois aquíferos (Araras e Pantanal), os quais, contribuem para a alimentação dessas feições. O autor admite a existência de alta porosidade, que facilita carga e recarga tanto do aquífero quanto dos corpos hídricos.

Os autores Santos e Stevaux (2017) afirmam que a concentração de inundação na confluência do rio Cabaçal com o rio Paraguai ocorre da seguinte maneira: o fluxo do canal principal e os sedimentos depositados no curso hídrico, somados a topografia da calha, ou seja, zona de escavação e área de deposição, funcionam como barragens para as águas do tributário. Assim, a água retorna ou acumula criando inundações em áreas de planícies.

Ainda sobre o mesmo assunto, os autores Leandro e Souza (2012) consideram que:

A fração de areia encontrada na confluência aumenta com o processo de sedimentação promovido por refluxo exercido pelo rio Paraguai associado às baixas declividades deste com os afluentes, característico de área de planície. No período de estiagem, o volume de água diminui gradualmente, o que contribui para obstrução do segundo canal do rio Cabaçal onde cordões arenosos de granulometria fina são formados por acresção lateral e depósitos de fundo na foz do afluente (LEANDRO; SOUZA, 2012 p. 270).

A segunda área de estudo encontra-se localizada sobre o perímetro urbano da cidade de Cáceres, entre a ponte Marechal Rondon e a baía da Palha. A altimetria do relevo deste trecho corresponde a 92, 44 m. Segundo dados coletados pela Agência Fluvial de Cáceres – Marinha do Brasil, o valor mínimo da altimetria da água constatado foi de 93, 14 m (92, 44 m + 0, 70 m) na sazonalidade de seca. E no período de cheia, o valor máximo foi equivalente a 98, 41 m (92, 44 m + 5, 97 m), demonstrado no (Quadro 8).

Quanto ao período de seca, os dados corresponderam à animação demonstrada nos três primeiros frames acima. Nos frames 4 a 7, denominam-se transição sazonal. E nos frames de 8 a 11 representam o período de cheia, com volume de água superior a quatro (4) metros.

Quadro 8 – Ponte Marechal Rondon a baía da Palha

	Período de seca			Transição sazonal entre seca e cheia				Período de cheia			
	Frame 1	Frame 2	Frame 3	Frame 4	Frame 5	Frame 6	Frame 7	Frame 8	Frame 9	Frame 10	Frame 11
Altura da régua (m)	0,7	1,23	1,75	2,28	2,81	3,34	3,86	4,39	4,92	5,44	5,97
Altura da Água (m)	93,14	93,29	93,69	94,28	94,99	95,77	96,55	97,27	97,86	98,26	98,41
Incremento (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Elaboração: o autor (2020).

Os valores apresentados acima demonstram a altimetria do relevo somada à altimetria registrada na régua fluvial. Os valores resultam do valor médio aferido em onze (11) anos (2008 - 2018), enquanto que a altimetria do relevo foi compatibilizada com os modelos topográficos registrados nos MDE - Modelos de Elevação.

Ao observar e comparar a evolução da inundação no respectivo trecho analisado, notou-se a evolução do volume das formas aquosas em todo o corredor fluvial e na margem esquerda, que se localiza na cidade de Cáceres, o que significa que o perímetro urbano é afetado por inundações. Segundo Cruz (2016), nos córregos em perímetro urbano são registrados vários impactos em função da urbanização, por exemplo, a retirada da vegetação ciliar, o aterramento do leito maior e da planície de inundação. Tais impactos resultam em inundações de parte da cidade na sazonalidade de cheia. Abaixo, segue a descrição da evolução de inundação na área de estudo, conforme demonstrado nos frames.

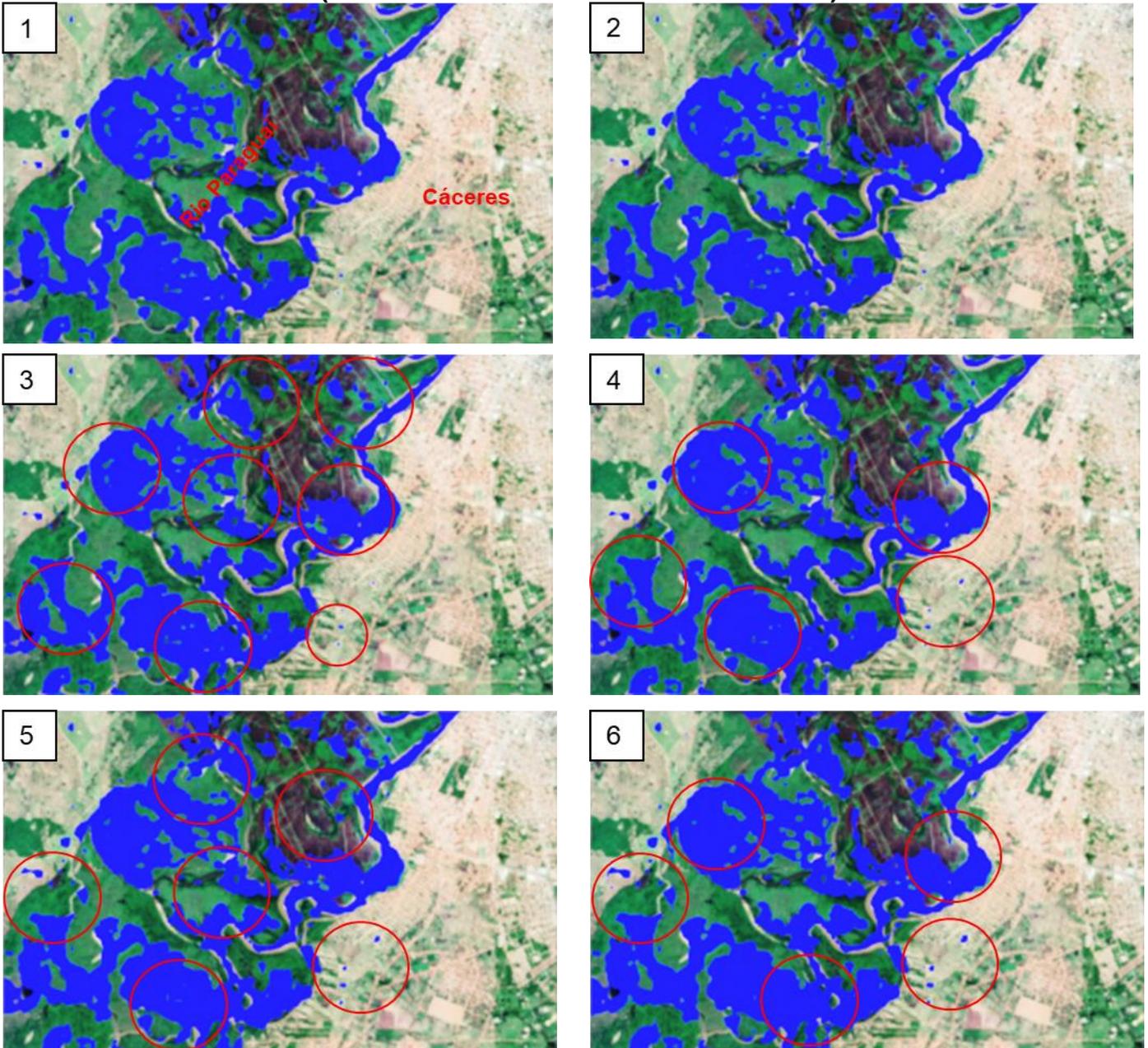
Os níveis modelados na animação correspondem a altimetria mínima de 93,14 m (92,44 m + 0,70 m) que se referem ao período sazonal de seca na região, representando porcentagem com 0%. Enquanto que a maior altimetria registrada é de 98,41 m (92,44 m + 5,97 m), representando porcentagem em 100%. A equidistância média de um frame para outro correspondeu a 0,479 m.

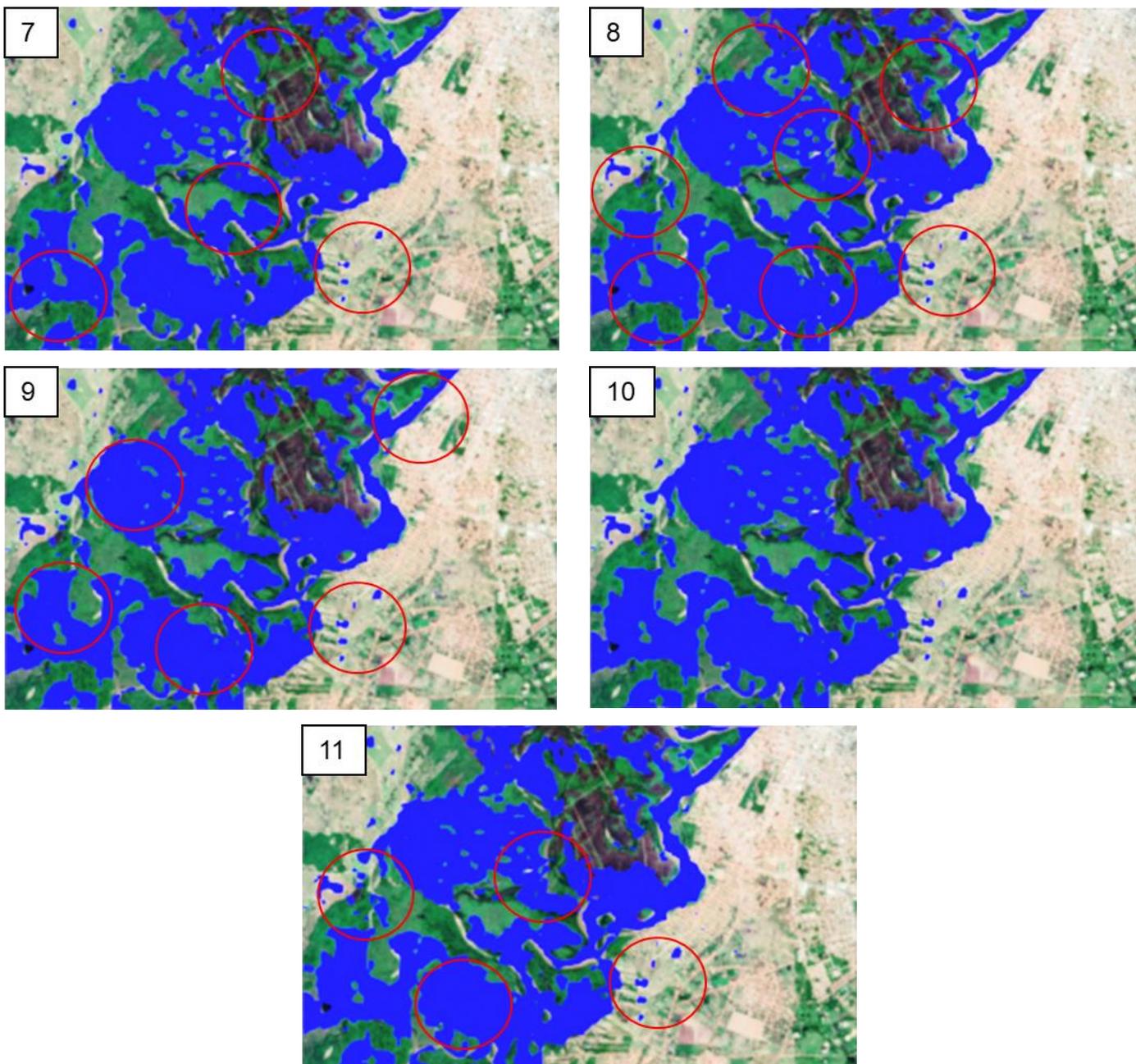
A área em estudo (modelada e animada) corresponde a todo o canal fluvial do rio Paraguai, que se encontra no perímetro urbano de Cáceres, com planície de inundação dos lados direito e esquerdo. A animação vertical demonstra inundações horizontais sobre quase todo o canal fluvial e no período de cheia existem áreas dentro da cidade que ficam sujeitas a inundação.

Observa-se no Frame 1 que a calha do rio Paraguai se encontra coberta de água, apesar de ter altimetria de 0,70 m. E apresenta áreas inundadas em todo o canal fluvial. O

Frame 2 não demonstrou alterações, mesmo com acréscimo de 0,15 m. Deste modo, identifica-se a presença de inundações a partir da altimetria 93,69 m, conforme representado no frame 3 (Figura 26).

**Figura 26 - Frames do Modelo Tridimensional de Inundação
(Ponte Marechal Rondon à baía da Palha)**





Elaboração: o autor (2020).

Pode-se afirmar que toda a área de estudo apresenta alterações com inundação de pequenos lagos e incremento de volume nas baías. Na planície de inundação à esquerda, ocorre surgimento de dois lagos, enquanto que na planície à direita, os lagos existentes aumentam de diâmetro.

No Frame 4 nota-se inundação horizontal em quase todas as baías circuladas e apresentadas na Figura 23 Na margem a esquerda, que corresponde ao perímetro urbano de Cáceres, verifica-se o surgimento de dois novos lagos, totalizando quatro. No Frame 5 é apontado maior quantidade de água em baías e lagoas existentes, inclusive naquelas que se encontram localizadas no perímetro urbano. Assim, observa-se o surgimento de três novos lagos, bem próximos a oeste do corredor fluvial.

O Frame 6 demonstra aumento do volume de água na porção norte do corredor fluvial, também a oeste, sul e sudeste. E apresenta altura de 96,55 m. O Frame 7 demonstra alta concentração de inundação, na planície de inundação à esquerda. Neste referido ponto, nota-se a expansão da água sobre áreas com residências.

No Frame 8 identifica-se (em todo o corredor fluvial e na planície de inundação à direita) a presença de lagos conectando-se às baías. Nota-se, também, grande expansão horizontal de inundação nas áreas alagadas. Na planície à esquerda, dentro da cidade, verifica-se mais uma lagoa.

No Frame 9 ocorre a expansão de todas as áreas inundadas, havendo ainda mais conexões entre lagos, corredor fluvial, planícies e baías. A água, segundo a animação interpolada na modelagem do relevo, não apresenta transformações horizontais na paisagem, mede-se 98,26 m de altimétrica. A animação ocorre de forma vertical e é limitada pela rugosidade do relevo na imagem obtida pelo MDE.

O frame 10 não apresentou alterações. Por fim, no Frame 11, verifica-se uma pequena expansão na área de estudo à norte. No centro (oeste, leste e sul) houve inundações horizontais, com destaque para maior acumulação de água nos lagos das planícies de inundação à esquerda, e na planície, à direita.

No período de cheia do rio Paraguai há o risco de inundação na cidade de Cáceres. Tal ameaça se relaciona ao fenômeno de contracorrente, que segundo Cruz (2018, p. 108), corresponde a “baixa declividade no baixo curso de alguns afluentes”. O autor considera que os canais urbanos no período de cheia, sobre influência do potencial hidráulico do rio Paraguai, proporcionam a “propagação” e o retorno do volume de água para os “afluentes em alguns quilômetros”. Este retorno, pode implicar no abastecimento completo do canal fluvial de escoamento desses afluentes, que através do acúmulo de água, podem se estenderem externamente ao canal, ocasionando inundações de ruas e casas nas proximidades dos canais (Figura 27).

Figura 27 – Registros fotográficos de inundações no Centro da cidade de Cáceres – MT (15 de janeiro de 2007).



Fonte: Arquivo pessoal do Eng. Adilson Reis (2007 apud Vendramini, 2017).

Cabe destacar que os riscos de inundação no perímetro urbano de Cáceres advêm de sua “distribuição altimétrica bem uniforme, características comuns da planície pantaneira”. Ou seja, predomina na cidade o relevo plano, apresentando suaves rugosidades próximos aos cursos hídricos, que podem proporcionar inundações em consequência da geomorfologia, após fortes precipitações, conforme considera (VENDRAMINI, 2017, p. 46). O referido autor ainda considera que as características geomorfológicas da cidade demonstram “grau de vulnerabilidade a enchente com áreas de riscos associadas a precipitação mais intensa na região central”, indicando também, risco nos bairros Jardim Imperial e Paraíso, conforme o levantamento topográfico realizado pelo mesmo (VENDRAMINI, 2017, p. 46). Conforme observado na animação, as áreas que acomodam superfícies inundadas ocorrem na borda sudoeste em direção ao centro, isso levando em consideração, como ponto de partida, as margens do rio Paraguai, e concretizam as áreas sujeitas a inundação no perímetro urbano da cidade de Cáceres.

Vendramini (2017) afirma que na cidade de Cáceres já ocorreu eventos extremos de inundação. A primeira aconteceu em 1998, que respondeu a precipitações locais de 121 mm. E a segunda, no mesmo ano, com níveis de 116,20 mm de chuva. Em 2007 também foi registrado inundação, com chuva de 86,60 mm. O último evento considerado extremo

ocorreu em 2010, com chuvas intensas que somaram 159,40 mm, o maior volume pluviométrico aferido na história da estação meteorológica local (instalada pelo INMET).

Segundo levantamento documental feito pelos autores Paula, Santana e González (2018), os eventos extremos podem ocorrer com 80 mm de precipitação sobre tempo de concentração de 24h. Deste modo, o valor apresentado se encaixa na classe “Chuva muito forte”, definido por Monteiro e Zanela (2014, p. 5), que analisaram a acumulação diária de chuva na cidade de Fortaleza-CE. Os autores destacam ainda que consideram “Chuva extrema” a partir de 116,6 mm. Também em estudos realizados na cidade de Belém do Pará, Bastos et al. (1998) afirmam que as inundações, por eventos extremos, ocorrem com 136 mm.

A realidade das inundações ocorridas no perímetro urbano da cidade de Cáceres e da planície de inundação a Oeste da cidade estão diretamente ligadas ao fator Geomorfológico, ou seja, de relevo suave ondulado. De acordo com o Plano Diretor da cidade (CÁCERES, 2010), o avanço das águas sobre habitações ocorre por causa da construção de residências em locais inapropriados. Tais ações desencadeiam problemas de alagamento pela ação direta do homem sobre os canais de drenagem.

As ocorrências temporais de inundação, segundo levantamento realizado por Paula, Santana e González (2018), podem ocorrer com 80% de probabilidade no período de um (1) ano e três (3) meses. Pode ocorrer casos de inundação na cidade devido às condições estruturais naturais da área de estudo, mas que podem ser agravados devido à presença antrópica com a falta de infraestrutura de escoamento das águas pluviais (CÁCERES, 2015).

A terceira e última área de análise corresponde à planície pantaneira de Cáceres, na altura da reserva ecológica da ilha Taimã. Apresenta 81 metros de altitude subtraído pela altura média do rio Paraguai de 2,26 m, assim, considerando a altura de referência para a animação de 78,44 m. Deste modo, considerou-se a altura mínima com 97,14 m (78,44 m + 0,70 m) para o período de seca e 84,41 m (78,44 m + 5,97 m), com equidistância média de 0,479 m.

Os Frames 1 a 3 correspondem a altura do rio Paraguai no período de seca, seguidos pela transição sazonal, que corresponde aos Frames 4 a 7, por fim, apresentando nos Frames 8 a 11 o período de chuvas regionais. Esses dados foram aferidos e resultantes sobre a média da altura do rio Paraguai, no período de corresponde de 2008 a 2018.

Observa-se, ao comparar os frames, que a inundação horizontal ocorre de forma expressiva nas bordas norte, leste e oeste da área estudada. Isto significa que na porção central e sul encontra-se bem úmida e inundada, devido baixa declividade, assim, não ocorre a expansão horizontal. No entanto, acontece o incremento do volume das superfícies mais baixas, aumentando a massa d'água de forma vertical, o que caracteriza área pantaneira.

O segmento analisado (planície pantaneira de Cáceres, na altura da reserva ecológica da ilha Taimã) diferencia-se dos demais, pois ao realizar a análise da área verificou-se que ocorre do lado esquerdo do rio Paraguai o contato da planície e pantanal de Cáceres com a planície e Pantanal do município de Poconé. Ainda assim, foi avaliado a inundação, por fazer parte do quadrante em estudo, pois o Software de animação não é um SIG, o que impossibilitou a extração correspondente ao Pantanal de Poconé (Quadro 9).

Quadro 9 – Pantanal de Cáceres: Ilha Taimã

	Período de seca			Transição sazonal entre seca e cheia				Período de cheia			
	Frame 1	Frame 2	Frame 3	Frame 4	Frame 5	Frame 6	Frame 7	Frame 8	Frame 9	Frame 10	Frame 11
Altura da régua (m)	0,7	1,23	1,75	2,28	2,81	3,34	3,86	4,39	4,92	5,44	5,97
Altura da Água (m)	79,14	79,29	79,69	80,28	80,99	81,77	82,55	83,27	83,86	84,26	84,41
Incremento (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Elaboração: o autor (2020).

Na respectiva área analisada verifica-se a evolução de inundação e demonstra a altura do relevo, acrescentando-se a altura do rio registrada na régua fluvial. O Frame 1 demonstra o estado inicial referente ao período de seca na planície pantaneira, com 79,14 m (relevo com 78,44 m + altura do rio 0,70 m). No Frame 2 não apresenta alteração na inundação horizontal. No entanto, a partir do Frame 3, correspondente à altura de 79,69 m, identificou-se inundações nas imediações da ilha Taimã e nas extensões norte e nordeste da planície pantaneira, que pertence ao Pantanal de Poconé.

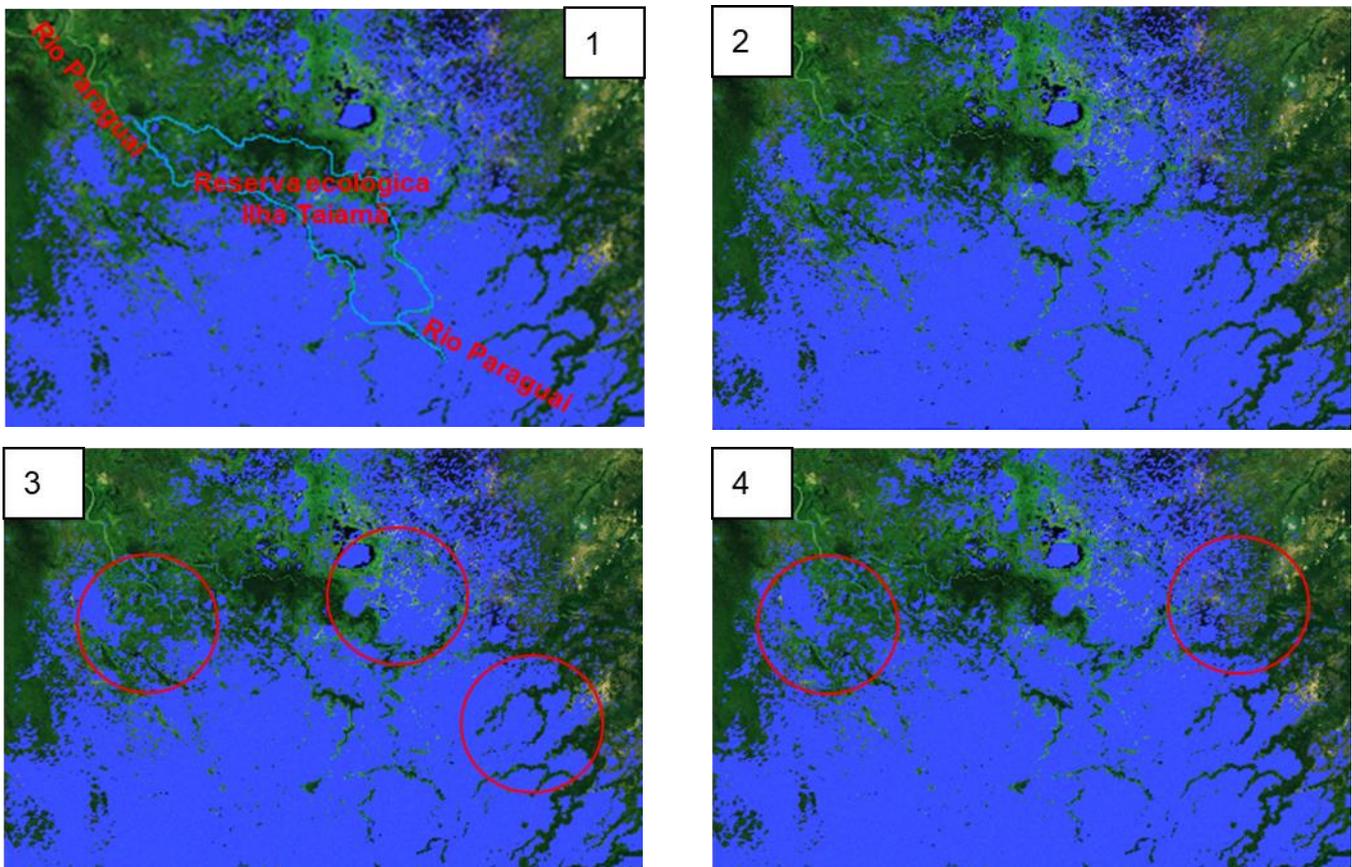
No Frame 4 verifica-se maior inundação ao redor da Ilha Taimã e também a nordeste da área de estudo, que caracteriza o Pantanal do Poconé. O Frame 5 demonstra expansão de inundação a oeste e a leste do quadrante em estudo, registrando altura de 80, 99 m.

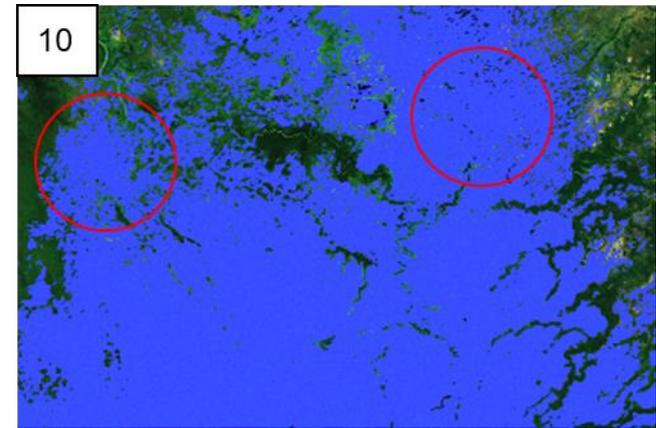
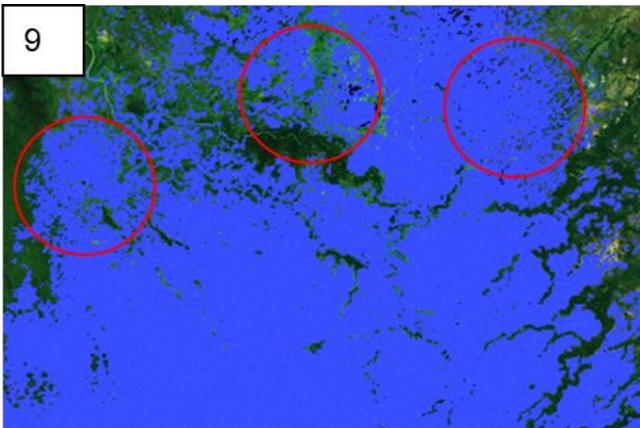
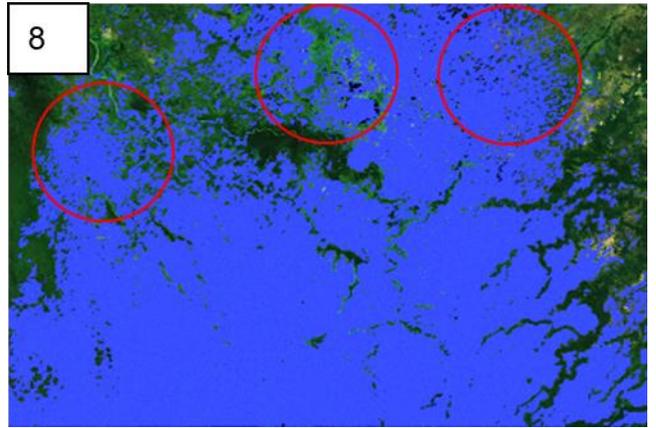
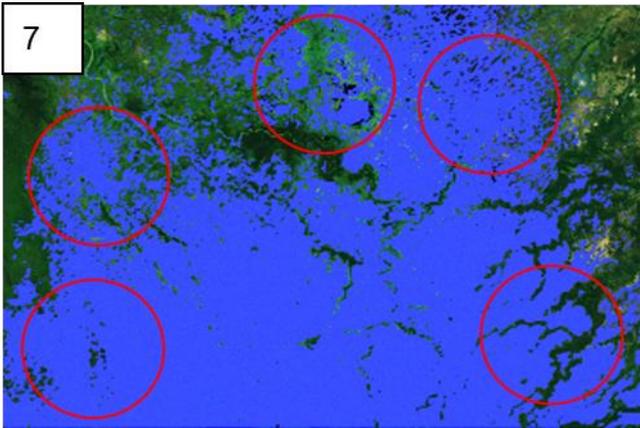
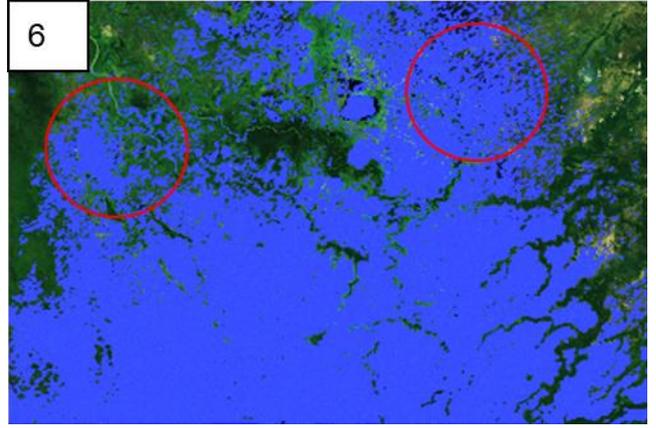
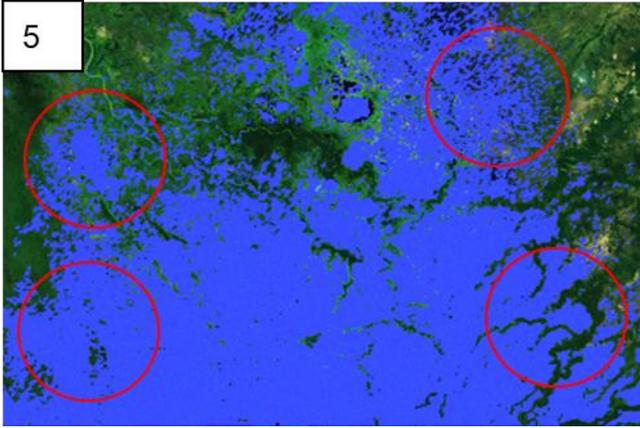
Enquanto que no Frame 6 o comportamento de inundação é semelhante ao Frame 4, com deslocamento horizontal ao redor da Ilha Taimã e também a nordeste da área de estudo.

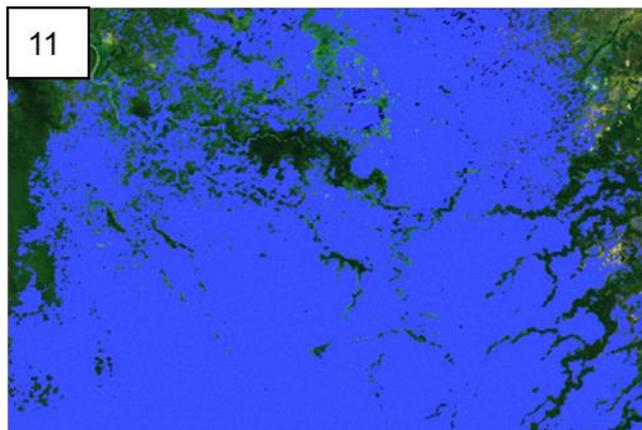
O Frame 7 apresenta uma totalidade de inundação na área de estudo, marcadas com as esferas vermelhas. Os locais apresentam extravasamento das águas para a planície que dão origem a pequenas baías; esta característica foi analisada pelos autores Infanti Jr. e Fornasari Filho (1998). Assim, verifica-se a existência de aumento de volume na ação vertical do que na horizontal.

O Frame 8 demonstra inundações a norte, nordeste e noroeste de baías e pequenas lagoas. No Frame 9 verifica-se que são as mesmas áreas de expansão na inundação, exatamente nos respectivos pontos apontados no Frame 8. Enquanto que no Frame 10 é identificado alteração da inundação na paisagem, nas proximidades da ilha Taimã e no Pantanal de Poconé. Com 84,41 m, correspondendo a 100% de inundação, a animação espaço-tempo não apresentou alterações (Figura 28).

**Figura 28 - Frames do Modelo Tridimensional de Inundação
(Planície pantaneira de Cáceres e Poconé)**







Elaboração: o autor (2020).

Um fato considerado interessante é que independente das precipitações a montante (quando a vazão atingir este ponto), as águas se espalham de forma homogênea sobre a planície de inundação no Pantanal e não atinge altura para influenciar na completa inundação da ilha Taiamã, ou de pequenos morros, pois o volume espalha-se horizontalmente.

A paisagem apresenta várias ilhas fluviais, com destaque da ilha Taiamã por sua área de (11.000 ha), que abriga a Reserva Ecológica Taiamã, administrada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio, que trabalha para preservação de onças pintadas e de outros animais. A reserva possui no período de estiagem 90% de sua área inundada ou sujeita a inundação, de acordo com pesquisas de (SOUZA, 2004).

A Reserva Ecológica Taiamã (2020) compartilha em rede social o modo de vida das onças-pintadas que habitam na região da Estação, demonstrando que através dos dados e monitoramento constante, por meio de colar/GPS:

[...] onças-pintadas [...] permanecem na área mesmo durante a cheia do Pantanal. Como a variação do nível da água é pequeno em Taiamã, devido ao transbordamento da água além da calha do rio, esses felinos conseguem caminhar parcialmente submersos na área da Estação durante o período de cheia (RESERVA ECOLÓGICA TAIAMÃ, 2020, não paginado).

A caracterização morfológica feita por Souza (2004, p. 9) indicou que no respectivo trecho ocorre a bifurcação do canal principal para o leste, formando um braço que circunda a ilha. A pesquisa da autora também registrou a presença de pequenos córregos e cursos

d'água que drenam as suas águas para regiões sujeitas a “inundação, desaguando em baías e lagoas, ou espraiando-se na planície, contribuindo para formar a área de Pantanal”. A autora concluiu que a descarga de sedimentos que desce dos afluentes tem o papel de contribuir para que haja inundações em área pantaneira, visto que nos períodos de menor vazão os sedimentos são depositados na planície de inundação e nos pequenos canais fluviais (assoreamento), proporcionando que as águas transbordem de forma horizontal no período da cheia, pois já não estão mais confinadas sobre os antigos canais que perderam profundidade (SOUZA, 2012).

Considera-se importante informar que as águas e os sedimentos distribuídos pelo rio Paraguai e por outros pequenos cursos d'água mantêm e nutrem as várias formas fluviais na planície de inundação do Pantanal, abrangendo baías e lagos maiores. A atividade antrópica na área se restringe a navegação. A intensificação de processos erosivos causados pela navegação (Figura 29) resulta em deposição de sedimentação que advêm das margens (assoreamento) e modificam o leito dos canais, deixando-os rasos e formando barras de sedimentação, ações que causam alterações na dinâmica natural de erosão, transporte e deposição das partículas, em decorrência da variação da altura e volume de água sazonal, afirma (BINDANDI, 2014).

Figura 29 – (A) Erosão por solapamento basal; (B) Deposição de sedimentos.



Fonte: Arquivo pessoal de Cristiane da Silva Lima no rio Cabaçal em 29 de setembro de 2017.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A execução desta pesquisa proporcionou o conhecimento das condicionantes geoambientais, que contribuem para a disponibilidade de água no Pantanal, e também, fazer um levantamento dos vários tipos de uso do solo na bacia do Alto Paraguai, que podem ser o motivo de aumento do aporte de sedimentos e assoreamento do Pantanal.

O estudo permitiu verificar a capacidade de recarga e infiltração, bem como o processo de escoamento superficial nas diferentes ocorrências geológicas da Bacia do Alto Paraguai. No caso das rochas ígneas e metamórficas, onde as suas fraturas contribuem para a infiltração da água, a declividade do relevo em que aparecem faz predominante o escoamento superficial. Contrariamente, a elevada porosidade das rochas sedimentares, de conjunto com as fraturas presentes nelas, contribuem para que ocorra infiltração e percolação da água.

A geomorfologia do Alto Curso da Bacia do Alto Paraguai é constituída predominantemente pela Depressão do Rio Paraguai, Planalto dos Parecis, Planaltos Residuais do Alto Guaporé, Província Serrana e Planícies e Pantanaís mato-grossenses. A declividade do terreno nas Unidades Depressão e Planalto contribuem para o escoamento superficial e o abastecimento no Pantanal. Enquanto às ocorrências pedológicas, a maior parte dos solos identificados apresentam características favoráveis à infiltração.

A cobertura dos solos na bacia mostra o predomínio das pastagens, seguido de outras formas de ocupação como culturas temporárias e permanentes, silvicultura, áreas de mineração e áreas urbanizadas. As condições da cobertura por vegetação natural, como cerrado e floresta, proporcionam a recarga do lençol freático e a disponibilidade hídrica. No entanto, a sua remoção reduz a infiltração da água no solo. O mesmo ocorre nas áreas urbanas com solo impermeabilizado, onde domina o escoamento superficial da água das chuvas. As ocorrências de mineração degradam os cursos hídricos, causando grande volume de sedimentos que incrementam o assoreamento.

Os dados pluviométricos mostram uma elevada concentração de chuvas entre novembro e março, enquanto que os menores índices apresentam-se de abril a setembro. A resposta fluviométrica ocorre três meses depois do início das chuvas. O índice pluviométrico registrado pelas estações varia muito entre os setores setentrional e meridional da bacia, enquanto que a vazão aferida apresentou variação entre 169,39 e 1.220,31 m³/s. Isso contribui para o transporte de sedimentos em suspensão tanto nos

principais tributários como no canal principal do rio Paraguai, responsável pela manutenção e dinâmica do Pantanal.

A animação tridimensional permitiu identificar inundações horizontais que transbordam para partes da planície de inundação. As áreas que não demonstraram alteração horizontal comportaram-se apenas com verticalização por acúmulo do volume de água nos canais fluviais. O nível mínimo de água é de 0,70 m, enquanto que a altura máxima aferida foi de 5,97 m, variando para cada compartimento estudado de acordo, com as diferentes altitudes.

Deste modo, o primeiro compartimento, que corresponde à confluência dos rios Sepotuba e Cabaçal com o rio Paraguai, apresentou altitudes respectivamente ao período de estiagem de 98,14 m convergir para a altura máxima registrada de 103,41 m. O segundo compartimento, localizado no perímetro urbano da cidade de Cáceres, entre a ponte Marechal Rondon e a baía da Palha, registrou altitude de 93,14 a 98,41 m. Por fim, o último compartimento, localizado no Pantanal de Cáceres (Ilha Taiamã) configurou altitudes em sazonalidade, entre 79,14 a 84,41 m.

A animação também permitiu desenvolver análises das características de inundação no Pantanal, que se resumem sobre terras periodicamente inundadas durante todo o ano, com baixo gradiente topográfico. A variação do nível da água mostrou-se pequena no entorno da ilha Taiamã, devido ao transbordamento da água além da calha do rio, formando um labirinto de canais sobre terras parcialmente inundadas.

Sugere-se a instalação de uma base de controle pela Marinha do Brasil na Ilha Taimã, pois a régua mais próxima se localiza na fazenda Descalvado e não há registro temporal da altura do rio, determinando uma insuficiência de dados para poder integrá-los na modelagem da paisagem e sua dinâmica fluvial.

A pesquisa também permitiu identificar as carências no Brasil em relação a utilização do Blender, um software 3D, para análise do espaço. O uso desse dispositivo é mais comum por pesquisadores das Ciências Biológicas e da Medicina. No entanto, sabe-se que em outros países ele é usado na representação espacial urbana e de desastres naturais. Apesar de alguns SIGs desenvolverem simulações tridimensionais, o Blender permite de forma muito simples a adição dos dados, melhor visualização da inundação sobre dados altimétricos do nível do rio, coletados pela Agência Fluvial de Cáceres – Marinha do Brasil.

Cabe destacar a importância desta metodologia no ensino de Geografia, com a utilização de modelos tridimensionais para representação espacial. Além disso, também é possível realizar impressão em 3D com a utilização de impressoras apropriadas, trazendo para conhecimento dos alunos as formas da superfície terrestre de modo tangível.

Por fim, acredita-se que esta pesquisa pode também estimular outros pesquisadores da área de análises ambiental e espacial a utilizarem este software (gratuito, com bases de dados também gratuitas) para aplicar modelagens espaciais e desenvolver modelos/mapas tridimensionais.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. **Os domínios da natureza no Brasil**. Potencialidades paisagísticas. São Paulo, Ateliê Editora, 2003, 159 p.
- AB'SABER, A. N. Províncias Geomorfológicas e Domínios Morfoclimáticos no Brasil. São Paulo. Instituto de Geografia/USP. **Geomorfologia**, 20: p.1-26, 1970.
- AB'SÁBER, A. N. **Brasil, paisagens de exceção**: o litoral e o Pantanal mato-grossense, patrimônios básicos. São Paulo, Ateliê Editorial, 182 p, 2006.
- ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil). **Atlas irrigação**: uso da água na agricultura irrigada / Agência Nacional de Águas. -- Brasília: ANA, 2017. 86 p. il.
- ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil). **Levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil** / Agência Nacional de Águas, Embrapa Milho e Sorgo. - 2. ed. - Brasília: ANA, 2019. 47 p.: il.
- AQUINO, H. C.; GALVANIN, E. A. S.; NEVES, S. M. A. S.; LIMA, D. Análise da dinâmica de pastagem no Pantanal de Cáceres/MT. **Geo UERJ**, n. 30, 2017.
- ARAÚJO, E. P. **Aplicação de dados SRTM à modelagem da erosão em microbacias por geoprocessamento**. 2006. 88 p. (INPE-TDI). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2006.
- ASSINE, M. L. Pantanal mato-grossense: Uma paisagem de exceção. In: MODENESI-GAULTIERI, M. C.; BARTORELLI, A.; MANTESSO-NETO, V.; CARNEIRO, C. R. LSIBOA, M. B. A. L. (Org.). **A obra de Aziz Nacib Ab'Saber**. São Paulo: Beca-BALL edições, 588 p, 2010.
- AZEVEDO, D. A urbanização mato-grossense: uma reflexão a partir da relação urbano-rural. **Anais...** X Encontro de Geógrafos da América. Universidade de São Paulo. P. 1376-1390, 2005.
- BARROS, A. M.; PASTORE JUNIOR, W. P. **Projeto Alto Guaporé - Relatório Final**. Goiânia: DNPM/CPRM, 1974. 11v.
- BASTOS, T. X.; MARQUES, A. F. S.; ROCHA, M. D. S.; OLIVEIRA, R. P.; PACHECO, N. A.; SÁ, T. D. A. Chuvas máximas de 24 horas em Belém, probabilidade de ocorrência e tempo de retorno. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 10. Congresso da Flismet, 8. Brasília. **Anais...** [S.l. : s.n.], 1998.
- BATES, P. D.; DE ROO, A. P. J. A simple raster-based model for flood inundation simulation. **Journal of hydrology**, v. 236, n. 1-2, p. 54-77, 2000.
- BATISTA, B. M. F.; SILVA, J. V.; SÁNCHEZ, D. C. M.; MARTINEZ, D. T.; PASA, M. C. Revisão dos impactos ambientais gerados na fase de instalação das hidrelétricas: Uma análise da sub-bacia do Alto Juruena-MT. **Biodiversidade**, v. 11, n. 1, 2012.

BEFFA, C.; CONNELL, R. J. Two-dimensional flood plain flow. I: Model description. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 6, n. 5, p. 397-405, 2001.

BEIRIGO, R. M.; VIDAL TORRADO, P.; STAPE, J. L.; ANDRADE, G. R. P. **Solos da reserva particular do patrimônio natural SESC Pantanal**. Rio de Janeiro: SESC, v. 176, 2011. 77 p.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia física global. Esboço metodológico. **R. RA´E GA**, Curitiba, Editora UFPR, n. 8, p. 141-152, 2004.

BINDANDI, N. M. **Evolução da navegação, morfologia e sedimentação no rio Paraguai no município de Cáceres, Mato Grosso, Brasil**. Cáceres: UNEMAT, 2014. 125 p. (Dissertação – Mestrado em Ciências Ambientais).

BIUDES, M. S; VOURLITIS, G. L.; MACHADO, N. G.; DE ARRUDA, P. H. Z.; NEVES, G. A. R.; LOBO, F. DE A.; NEALE, C. M. U.; NOGUEIRA, J. S. Patterns of energy exchange for tropical ecosystems across a climate gradient in Mato Grosso, Brazil. **Agricultural and forest Meteorology**, v.202, p.112 - 124, 2015.

BRAGA, C. C., ROCHA, H. M., & CABRAL, J. B. P. Análise da quantidade de descarga sólida total dos principais afluentes da bacia hidrográfica do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros. **Anais/Resumos da 63ª Reunião Anual da SBPC**. UFG. Goiânia – GO. 2011.

BRAGA, R. M. O espaço geográfico: um esforço de definição. **GEOUSP: Espaço e Tempo (Online)**, n. 22, p. 65-72, 2007.

BRASIL. Folha SD. 21 Cuiabá. Projeto RAMBRASIL, **DNPM**, Escala, v. 1, n. 1.000, p. 000, 1982.

BRASIL. Folha SE. 21 Corumbá. Projeto RAMBRASIL, **DNPM**, Escala, v. 1, n. 1.000, p. 000, 1982.

BRASIL. MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE, DOS RECURSOS HIDRICOS E DA AMAZONIA LEGAL (BRASILIA, DF). **Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (Pantanal)-PCBAP**: análise integrada e prognostico da Bacia do Alto Paraguai. 1997.

BÜHLER, B. F. **A Influência da geologia e do uso e ocupação da terra na qualidade da água e composição sedimentar do córrego Jacobina, Município de Cáceres – MT**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Estado de Mato Grosso, UNEMAT, 2016.

BÜHLER, B. F. **Qualidade da água e aspectos sedimentares da bacia hidrográfica do rio Paraguai no trecho situado entre a baía do late e a região do Sadao, município de Cáceres (MT), sob os enfoques quantitativos e perceptivos**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Estado de Mato Grosso, UNEMAT, 2011.

BUHLER, B. F.; SOUZA, C. A.; JUNIOR, E. S. O. Qualidade da Água do Rio Paraguai no Perímetro Urbano em Cáceres–MT, Brasil. **Revista GeoPantanal**, v. 8, n. 14, p. 90-105,

2014.

CÁCERES. **Plano Diretor de Desenvolvimento** – PDD. 2010. 98 p.

CÁCERES. **Plano Municipal de Saneamento Básico - PMSB**. Mato Grosso 2015. P. 401.

CALIL, P. M.; OLIVEIRA, L. F.; KLIEMANN, H. J.; OLIVEIRA, V. A. Caracterização geomorfométrica e do uso do solo da Bacia Hidrográfica do Alto Meia Ponte, Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 16, n. 4, 2012.

CÂMARA, G; ORTIZ, M. J. Sistemas de informação geográfica para aplicações ambientais e cadastrais: uma visão geral. In: Congresso brasileiro de Engenharia Agrícola. **Anais...** 1998. p. 59-82.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. 2º ed., ver., atual. e ampliada. - Rio de Janeiro: Interciência, 2008. 599 p.

CAVALCANTI, D. L. O.; REIS, L. F. R. Maximum design flow estimates for large basins using the Local Frequency Analysis (LFA) and the Most Probable Maximum Hydrograph (MPMH) methods—a critical analysis. **Water resources management**, v. 31, n. 1, p. 127-141, 2017.

CHATTERJEE, C.; FÖRSTER, S.; BRONSTERT, A. Comparison of hydrodynamic models of different complexities to model floods with emergency storage areas. **Hydrological Processes: An International Journal**, v. 22, n. 24, p. 4695-4709, 2008.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**, São Paulo: Editora Blucher, 1980. 188p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. 1 ed. São Paulo: Editora Blucher, 1999. 236 p.

CLAVAL, P. **A geografia cultural**. Florianópolis: UFSC, 1999.

CONTI, J. B. Geografia e Paisagem. **Ciência e Natura**, v. 36, n. 3, p. 239-245, 2014.

CONTI, J. B. Resgatando a “fisiologia da paisagem”. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 14, p. 59-68, 2001.

CORINGA, E. D. A. O.; COUTO, E. G.; OTERO PEREZ, X. L.; TORRADO, P. V. Atributos de solos hidromórficos no Pantanal de Cáceres mato-grossense. **Acta Amazonica**, v. 42, n. 1, p. 19-28, 2012.

CORRADINI, F. A.; ASSINE, M. L. Compartimentação geomorfológica e processos deposicionais no megaleque fluvial do rio São Lourenço, Pantanal mato-grossense. **Revista Brasileira de Geociências**, p. 20-33, 2012.

CORRÊA FILHO, V. **Pantanaís mato-grossenses (devassamento e ocupação)**. Serviço gráfico do Instituto brasileiro de geografia e estatística, 1946.

CORRÊA, M. M.; BEIRIGO, R. M.; NASCIMENTO, A. F.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. C.; COUTO, E. G.; VIDAL-TORRADO, P. Micromorfologia de Plintossolos do Pantanal-MT. In: **Embrapa Solos-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 34., 2013, Florianópolis. Ciência do solo: para quê e para quem: anais. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. 4 p.

CORRÊA, R. L. Espaço: um conceito-chave da Geografia. In: CASTRO, Iná Elias de; GOMES, Paulo Cesar da Costa; CORRÊA, Roberto Lobato (Orgs.). **Geografia: conceitos e temas**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.

CPRM. **Geodiversidade do estado do Mato Grosso** / (Org.) Juliana Maceira Moraes. – Goiânia: CPRM, 2010. 115 p.

CRUZ, J. S. B. **Caracterização ambiental ocupação e uso da terra e dinâmica fluvial na bacia hidrográfica do córrego Facão no município de Cáceres, Mato Grosso**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Estado de Mato Grosso, UNEMAT, 2015.

CRUZ, J. S.; SOUZA, C. A. A questão urbana na bacia do Alto Paraguai: desenvolvimento urbano e suas implicações nos canais de drenagem em Cáceres/MT (períodos de 1945 a 2013). **Boletim de Geografia**, v. 34, n. 3, p. 111-128, 2016.

CRUZ, J. S.; SOUZA, C. A. Dinâmica hidrológica, morfológica e sedimentológica dos córregos urbanos: Fontes e Olhos D'água – Mato Grosso. **REVISTA EQUADOR**, v. 7, n. 1, p. 96-113, 2018.

CUNHA, S. B. Bacias hidrográficas. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 2008. p. 229 – 265.

CUNHA, S. B. **Geomorfologia Fluvial**. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. p. 211-252.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 2008. p. 229 – 265.

CUNHA, S. B; e GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia do Brasil** -5ª Ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. 390 p.

DEMATTÊ, J. A. M.; DEMÉTRIO, V. A. Fotointerpretação de padrões de drenagem em amostras circulares na caracterização de solos basálticos do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, p.109-115, 1996.

DENT, D.; YOUNG, A. **Soil Survey and Land Evaluation**. London: George Allen & Unwin (Ed.), 1981. 278p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro, 5º ed , 2018. 356 p.

ECOIA - Ecologia em Ação. Hidrelétricas na Bacia do Rio Paraguai. 2021. Disponível em: < <https://ecoia.org.br/pantanal/hidreletricas-na-bacia-do-rio-paraguai/>>. Acesso em: 06 mar. 2021.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. In: REUNIÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO DE SOLOS, 10, 1979, Rio de Janeiro. **Súmula...**Rio de Janeiro, 1979. 83p.
- EULITZ, M.; REISS, G. 3D reconstruction of SEM images by use of optical photogrammetry software. **Journal of structural biology**, v. 191, n. 2, p. 190-196, 2015.
- EVANS, T. L.; COSTA, M.; TOMAS, W. M.; CAMILO, A. R. Large-scale habitat mapping of the Brazilian Pantanal wetland: A synthetic aperture radar approach. **Remote Sensing of Environment**, 155, 89-108. 2014.
- FARIAS, A. B. **Morfometria, aporte de sedimentos e fragilidade ambiental no sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral, Cáceres – Mato Grosso**. 2019. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade do Estado de Mato Grosso, UNEMAT, 2019.
- FÉLIX, E. A. **Morfologia, morfometria e dinâmica fluvial como subsídio para o planejamento dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Cabaçal, MT**. 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade do Estado de Mato Grosso, UNEMAT, 2018.
- FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. Oficina de textos, 2018. 159 p.
- FLORINSKY, I. V.; FILIPPOV, S. V. A desktop system of virtual morphometric globes for Mars and the Moon. **Planetary and Space Science**, v. 137, p. 32-39, 2017.
- FRANCO, M. S. M.; PINEHIRO, R. Geomorfologia. In: Brasil Ministério de Minas e Energia. Secretária geral. (Ed.). **Projeto RADAMBRASIL**. Folha SE.21. Rio de Janeiro, MME/SG/RADAMBRASIL, p.161-221. 1982.
- GALVANIN, E. A. S., NEVES, S. M. A. S., CRUZ, C. B. M., NEVES, R. J., JESUS, P. H. H., KREITLOW, J. P. Avaliação dos Índices de Vegetação NDVI, SR e TVI na discriminação de fitofisionomias dos ambientes do Pantanal de Cáceres/MT. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 3, p. 707-715, 2014.
- GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G.A. **Hidrologia**. 2 ed- revista atualizada, Edgard. Blucher, São Paulo, 1988.
- GIOMETTI, A. B. R.; PITTON, S. E. C.; ORTIGOZA, S. A. G. Leitura do espaço geográfico através das categorias: lugar, paisagem e território. **Franca: Unesp**, v.9, D-22, p. 33-40, 2012.
- GÓIS, J. S.; MENDES, L. E. Hidrologia e hidrometria. In: TELLES, D. D. **Ciclo ambiental da Água: da chuva à gestão**. – São Paulo: Blucher, 2013. 501p.
- GOMES, R. J., JUNIOR, V., MONTENEGRO, A., SILVA, T. Avaliação da descarga líquida e sólida em seção natural da bacia do alto Ipanema-PE. **JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO**, 9. 2009.

GREENPEACE BRASIL. **O Dia é das florestas, mas o presente é sempre nosso**. 2020. Disponível em: <<https://www.greenpeace.org/brasil/blog/o-dia-e-das-florestas-mas-o-presente-e-sempre-nosso/>>. Acessado em: 31 de jul. 2020.

GRIZIO, E. V.; SOUZA FILHO, E. E.; ASSINE, M. L. Mobilidade do canal no rio Paraguai superior. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 12, n. 2, 2011.

GUERRA, A. T. O Brasil no continente Americano. Posição geográfica - Espaço tropical. Formação territorial. Distribuição geográfica da população. Imigração e colonização. In: IBGE (Org.) **Paisagens do Brasil**. Rio de Janeiro, 1961. 261 p.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Bertrand Brasil, p. 648, 1997.

HAMADA, E.; GONÇALVES, R. R. V. **Introdução ao geoprocessamento: princípios básicos e aplicação**. Jaguariúna - SP. Embrapa Meio Ambiente, 2007.

HAMILTON, S. K. **Aquatic biogeochemistry of the Orinoco River floodplain (Venezuela) and the Pantanal wetland (Brazil)**. Doctoral dissertation, University of California, Santa Barbara. 1994.

HAMILTON, S. K., SIPPEL, S. J., MELACK, J. M. Oxygen depletion and carbon dioxide and methane production in waters of the Pantanal wetland of Brazil. **Biogeochemistry**, 30(2), 115-141. 1995.

HARMON, B. A.; PETRASOVA, A.; PETRAS, V.; MITASOVA, H.; MEENTEMEYER, R. Tangible topographic modeling for landscape architects. **International Journal of Architectural Computing**, v. 16, n. 1, p. 4-21, 2018.

HARMON, B. A.; PETRASOVA, A.; PETRAS, V.; MITASOVA, H.; MEENTEMEYER, R. K. Tangible Landscape: Cognitively grasping the flow of water. **The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. 41, p. 647, 2016.

HARVEY, D. O espaço como palavra-chave. **Revista Em Pauta**, v. 13, n. 35, p. 126-152, 2015.

HARVEY, D. **Social justice and the city**. Londres: Edward Arnold e Baltimore; John Hopkins University Press. 1973.

HIDROWEB – **Sistemas de informações hidrológicas**. 2005. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: <19 Mar. 2019>.

HIDROWEB. Agência Nacional das Águas – ANA. **Portal Hidroweb**. 2005. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/rest/api/inventario/download>. Acesso em: 16 Nov. 2019.

HINMAN, C. **Low Impact Development Technical Guidance Manual for Puget Sound**. [S.l: s.n.], 2012. 365 p. Disponível em: <https://www.psp.wa.gov/downloads/LID/20121221_LIDmanual_FINAL_secure.pdf>;

Acessado em: 19 ago. 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE CIDADES**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: <28 de jul. 2019>.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de uso da terra**. IBGE, 3º ed. 2013. 170 p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Biomass e sistema costeiro-marinho do Brasil**: compatível com a escala 1:250 000 / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. - Rio de Janeiro: IBGE, 2019. 168 p.

ICMBIO. Reserva ecológica Taimã. Disponível em: <<https://www.icmbio.gov.br/esectaiama/quem-somos/historia.html> >, acessado em: 14 de abr. 2021.

INDEA - Instituto de Defesa Agropecuária do Estado Mato Grosso. **Relatório de bovinos existentes**. 2017. Disponível em: <http://www.indea.mt.gov.br/-/8523201-downloads?ciclo=>, acessado em: <27 de julho de 2020>.

INFANTI JUNIOR, N.; FORNASARI FILHO, N. Processos de Dinâmica Superficial. In: OLIVEIRA, A.M.S. & BRITO, S.N.A. (Eds.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1998. cap. 9, p.131-152.

JAKOB, A. A. E.; YOUNG, A. F. O uso de métodos de interpolação espacial de dados nas análises sociodemográficas. **Anais do XV Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos Populacionais**, 2006.

JUNK, W. J.; BAYLEY, P. B.; & SPARKS, R. E. The flood pulse concept in river-floodplain systems. **Canadian special publication of fisheries and aquatic sciences**, 106(1), 110-127. 1989.

JUNK, W.J. Long-term environmental trends and the future of tropical wetlands. **Environmental Conservation**, v.29, n.4, p.414-435, 2002.

JUNK, W.J.; CUNHA, C. N. Pantanal: a large South American wetland at a crossroads. **Ecological Engineering**, v.24, p.391-401, 2005.

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

JUSTINO, E. A.; PAULA, H. M.; PAIVA, E. C. R. Análise do efeito da impermeabilização dos solos urbanos na drenagem de água pluvial do município de Uberlândia-MG. **Espaço em Revista**, v. 13, n. 2, p.16-38, 2011.

KARMANN, I. Ciclo da Água Subterrânea e Sua Ação Geológica, In: **Decifrando a Terra**. Org. Teixeira et al. -5 aed.-São Paulo: Oficina de Textos / Edusp, pub., 2001. pp.114-138.

LEANDRO, G. R. S. **Dinâmica ambiental e hidrossedimentológica no rio Paraguai entre a volta do Angical e a cidade de Cáceres – MT**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal Fluminense, UFF, 2015.

LEANDRO, G. R. S.; NASCIMENTO, F. R.; SOUZA, C. A. Dinâmica das águas no sistema rio-planície de inundação do rio Paraguai em Cáceres–Mato Grosso. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 5979-5990, 2017.

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**, v. 7, n. 2, p. 263-276, 2012.

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. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 32, p. 296-316, 2014.

LEOPOLD, L. The hydrologic effects of urban land use. In: DETWYLER, T. R. **Man's impact on environment**, 1971.

LIMA, C. S. **Uso e Ocupação da Terra, Alterações Morfológicas e Hidrodinâmica no Baixo Curso do Rio Cabaçal - Mato Grosso** (Dissertação/Mestrado) – Curso de Pós-graduação Stricto Sensu (Mestrado Acadêmico) Geografia, Faculdade de Ciências Humanas, Câmpus de Cáceres, Universidade do Estado de Mato Grosso, 2018.

LIMA, T. E. D.; SOUZA, C. A. D. SILVA, C. D.; ROCHA, E.; SILVA, V. N. D. Feições Morfológicas e Dinâmica Hidrosedimentar do rio Paraguai entre a baía do Ponto Certo à foz do córrego Jacobina. Cáceres – Mato Grosso In: 6ª Jornada Científica da Unemat, 6ª. (JC), 2015, Cáceres/MT. **Anais...** Cáceres/MT: Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, 2015. Vol. 6 (2015). ISSN 2178-7492.

LIMA, T.; SILVA, C.; SOUZA, C.; Leandro, G. Feições, morfologia e sedimentos de fundo e suspensão do rio Paraguai no Pantanal de Cáceres - Mato Grosso, no trecho entre a baía do Ponto Certo à Foz do Córrego JACOBINA. **Revista Geonorte**, 5(23), 391-396 p. (2014).

LUZ, J. S.; OLIVEIRA, A. M.; LEMOS, D. B.; ARGOLO, J. L.; SOUZA J. O; TONNO L. C.; SOUZA N. B.; ABREU FILHO W. (1978). **Projeto Província Serrana – Relatório final**. Goiânia: Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional da Produção Mineral - Convênio DNPM/CPRM, 105 p.

MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S.; ANGELINI, L. P.; MÜTZENBERG, D. M. S.; NASSARDEN, D. C. S.; BILIO, R. DE S.; DA SILVA, T. J. A.; NEVES, G. A. R.; ARRUDA, P. H. Z.; NOGUEIRA, J.S. Sazonalidade do balanço de energia e evapotranspiração em área arbustiva alagável no Pantanal mato-grossense. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n1, p. 82 - 91, 2016.

MARCONDES, C.R. **Estudo de Descarga Sólida em Suspensão nos Cursos D'água da Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí**. Itajubá, 2011. 78p. Dissertação – UNIFEI – Universidade Federal de Itajubá-MG.

MAROSTEGA, G. B.; SOUZA, C. A.; PEREIRA, M. A. Indicadores hidrológicos da bacia hidrográfica do rio Jauru. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.18; p. 1963-1979, 2014.

MARTINS, J. A.; DALLACORT, R.; INOUE, M. H.; GALVANIN, E. A. D. S.; MAGNANI, E. B. Z.; OLIVEIRA, K. C. Caracterização do regime pluviométrico no arco das nascentes do rio Paraguai. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 4, p. 639-647, 2011.

MARTINS, L. C. A.; ANDRADE, L. N. P. D. S. Caracterização da área e transporte de sedimentos no médio e baixo curso do córrego da Piraputanga no município de Cáceres-MT In: XVIII Semana de Geografia, IV Seminário de Pós-graduação em Geografia e III Seminário de Práticas de Ensino em Geografia - Construção do espaço e conservação ambiental: desafios para o Mato Grosso, 2ª. (SEMAGEO), 2018, Cáceres/MT. **Anais...** Cáceres/MT: Curso de Geografia - Faculdade de Ciências Humanas, 2018. Vol. 2 (2018). ISSN: 978-85-9535-060-1.

MAXIMILIANO, L. A. Considerações sobre o conceito de paisagem. **RA'EGA**, Curitiba, n. 8, p. 83-91, Editora UFPR, 2004.

MENDONÇA, F. **Geografia física: ciência humana?**. São Paulo: Contexto, 4º edição. 1989.

MIRANDA, J. G. de et al. **A produção de ouro do Estado de Mato Grosso**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geociências Administração e Política de Recursos Minerais. Universidade Estadual de Campinas. 1997.

MODENESI-GAUTTIERI, M. C.; BARTORELLI, A.; MANTESSO-NETO, V.; CARNEIRO, C. D. R.; LISBOA, M. B. D. A. L. **A obra de Aziz Nacib Ab'Sáber**. São Paulo: Beca-Ball, v. 24, p. 460-535, 2010.

MONBEIG, P. **Novos estudos de geografia humana brasileira**. São Paulo, Difusão Européia do Livro, 1957, 236 p.

MONTEIRO, J. B.; ZANELLA, M.; E. Eventos Pluviométricos Extremos e Impactos Associados em Fortaleza/Brasil: uma Análise a Partir da Técnica dos Quantis. In: Silva, Charlei, Aparecido; Fialho, Edson Soares; STEINKE, Ercília Torres. **Experimentos em Climatologia Geográfica**. Dourados, MS: UFGD, 2014.

MORAES, E. C; PEREIRA, G; CARDOZO, F. S. Avaliação da precipitação e sua influência sobre as áreas inundadas no Pantanal. **Anais...** XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

MOREIRA, R. Repensando a Geografia. In: SANTOS, M. (org.). **Novos Rumos da Geografia Brasileira**. 3ª ed. São Paulo: Hucitec, 1993.

MORENO, G.; HIGA, T. C. S. (Org.) **Geografia do Mato Grosso: território, sociedade, ambiente**. Cuiabá, Entrelinhas, 269 p, 2005.

MORENO, M. A. D.; FRAGUAS, A. C.; ABADÍA, M. F.; SERRANO, C. R.; PARDO-GIL, G. M.; CARBAJOSA, E. A.; SIESO, J. P.; LUDEÑA, S. I.; BARGUEÑO, I. C. Aplicación de

nuevas tecnologías en la Arqueología de la Guerra Civil: Los Yesares, Pinto (Madrid). **Virtual Archaeology Review**, v. 6, n. 12, p. 122-136, 2015.

NEVES, S. M. A. S.; CRUZ, C. B. M.; NEVES, R. J.; SILVA, A. Geotecnologias aplicadas na identificação e classificação das unidades ambientais do Pantanal de Cáceres/MT–Brasil. **Revista Geografia**, v. 34, p. 795-805, 2009.

NIMER, E. Clima. IN: **Geografia do Brasil – Região Centro Oeste**. vol. 1 - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria de Geociências. Rio de Janeiro. p. 23-35. 1989.

NÓBREGA, A. E. M.; SILVA, B. L. P. Mapa para análise visual espaço-temporal em design de simulação de cheia no Pantanal. **Anais 6º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**. Cuiabá, MT, 22 a 26 de outubro 2016. Embrapa Informática. Agropecuária/INPE, p. 549 -557.

NOGUEIRA, J. D. L.; AMARAL, R. F. Comparação entre os métodos de interpolação (Krigagem e Topo to Raster) na elaboração da batimetria na área da folha Touros–RN. **Anais XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, p. 25-30, 2009.

OLAYA, V. Sistemas de Información Geográfica. **Libro SIG**, 2011. 911 p.

OLIVEIRA, J. D. **Bacia hidrográfica do Rio Branco, afluente da margem esquerda do RioCabaçal-MT: morfopedologia, uso e ocupação da terra e sedimentação**. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado de Mato Grosso. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Cáceres/MT: UNEMAT, 2017. 206 f.

PASSOS, M. M. O GTP: Geosistema–Território–Paisagem–Um novo paradigma. **Programa de Pós-Graduação em Geografia da UNESP–campus de P. Prudente-SP**, 2002.

PAULA, T. L. F. D. **Comportamento hidráulico de aquíferos sedimentares e metassedimentares de dupla porosidade da região do Alto Paraguai, MT**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geociências Aplicadas - Universidade de Brasília - Instituto de Geociências. 2015. 129 p.

PAULA, W. C. S. **Alterações morfológicas no baixo curso do rio Cabaçal, MT no período entre 1990 a 2018**. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado de Mato Grosso. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Cáceres/MT: UNEMAT, 2019. 121 f.

PAULA, W. C. S.; SANTANA, M. F.; GONZÁLEZ, A. Z. D. Impactos dos eventos extremos de precipitação em Cáceres-MT, no período 1995 – 2010. **Revista Equador (UFPI)**, Vol. 7, Nº 1, p 259-274. 2018.

PAULA, W. C. S.; SANTANA, M. F.; SOUZA, I. X.; SOUZA, C. A. Composição granulométrica da baía carne seca em Cáceres Mato Grosso, Pantanal - MT Brasil entre os períodos de cheia e estiagem. **Revista Equador (UFPI)**, Vol. 4, Nº 3, p 82-90. 2015.

PETRI, S; FULFARO, V. J. Geologia da Chapada dos Parecis, Mato Grosso, Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 11, n. 4, p. 274-282, 2018.

PINTO, N. D. S.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A.; GOMIDE, F. L. S. **Hidrologia básica**. Edgard Blucher, 2003. 304 p.

POLON, L. C. K. Espaço geográfico: Breve discussão teórica acerca do conceito. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 10, n. 2, p. 82-92, 2016.

RAYMUNDI, V. M. O. **Processo de urbanização**: interferência do uso e ocupação na morfologia do Canal do Junco Cáceres-MT. / Verônica Martinez de Oliveira Raymundi. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado de Mato Grosso. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Cáceres/MT: UNEMAT, 2017. 170f.

RESENDE, E. K. D. R. **Pulso de inundação**: processo ecológico essencial à vida no Pantanal. Embrapa Pantanal, 2008. 15 p.

RESERVA ECOLÓGICA TAIAMÃ (Brasil). **Estação Ecológica de Taiamã - ICMBio – posts**. Cáceres, 26 mar. 2020. Facebook: <https://www.facebook.com/estacaoecologicadetaiama.icmbio/posts/1301833246683050>. Acessado em: 13 abr. 2020.

RIBEIRO, J. F.; BARBOSA, A. S.; BARROS, M. R. (Orgs.). Cerrado. O pai das águas do Brasil e a cumeeira da América do Sul. **Revista online do Instituto Humanitas Unisinos – IHU**. Ano: XI, ISSN 1981-8769, 2011. 44 p.

RICCOMINI, C.; GIANNINI, P. C.; MANCINI, F. Rios e processos aluviais. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (Orgs.). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficinas de textos, 2003. p. 191-210.

RITELA, A.; CABRAL, I. D. L. L.; Souza, C. A. Disponibilidade de água e uso da terra na bacia hidrográfica do rio Aguapeí – Mato Grosso/Brasil. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.17; p. 3.358-3.385, 2013.

ROCHA, P. C. Indicadores de alteração hidrológica no alto rio Paraná: intervenções humanas e implicações na dinâmica do ambiente fluvial. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 22 (1), p. 191-211, abr. 2010.

ROCHA, P. C.; COMUNELLO, E. D. E. R. Geomorfologia e áreas inundáveis na planície fluvial do alto rio Paraná. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 5, n. 1, p. 98-117, 2011.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. **Planejamento e questão ambiental**: subsídios da geoecologia das paisagens e da teoria geossistêmica. – Fortaleza: Edição UFC, 2013. 370 p.

ROSA, A. D. N.; ABREU, U. D. A.; SILVA, L. O. C.; NOBRE, P. R. C.; GONDO, A. P. R. C. V. Pecuária de corte no Pantanal brasileiro: realidade e perspectivas futuras de melhoramento. **Embrapa Pantanal-Documentos (INFOTECA-E)**, 2007. 26 p.

ROSA, R. **Introdução ao Geoprocessamento**. Universidade Federal de Uberlândia. Instituto de Geografia. Laboratório de Geoprocessamento. 2013. 142 p. Disponível em: <http://professor.ufabc.edu.br/~flavia.feitosa/cursos/geo2016/AULA5-ELEMENTOSMAPA/Apostila_Geop_rrosa.pdf>; Acessado em: 26 jun. 2019.

- ROTTA, M. A.; LUNA, H. S.; WEIS, W. A. **Ecoturismo no Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2006. 137 p.: il.
- SAITO, M. As três funções da floresta e a importância das espécies indígenas. In: **Anais...** Congresso Nacional Sobre Essências Nativas. p. 1029-1034. 1992.
- SANTANA, M. F. **Alterações nos Canais Urbanos da Bacia Hidrográfica do Córrego Sangradouro, no município de Cáceres - Mato Grosso**. Dissertação de Mestrado – Programa em Pós-Graduação em Geografia - Universidade do Estado de Mato Grosso. 2017. 149 fls.
- SANTOS, A. M. A. **Modelagem de ambientes 3D usando programas gratuitos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade do Estado da Bahia. Departamento de Ciências Exatas e da Terra, Salvador, 2018. 45 fls : Il.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; Cunha, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos - SiBCS**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.
- SANTOS, M. **Uso, ocupação da terra e dinâmica fluvial da bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha no município de Cáceres - Mato Grosso**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Estado de Mato Grosso, UNEMAT, 2013.
- SANTOS, Milton. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. Edusp, 2002.
- SANTOS, V. C.; STEVAUX, J. C. Processos fluviais e morfologia em confluências de canais: uma revisão. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, n. 1, 2017.
- SAUER, O. A morfologia da paisagem. In: CORRÊA; ROZENDAHL (Orgs.). **Paisagem tempo e cultura**, Rio de Janeiro: EdUERJ, 1998.
- SCHIER, R. A. Trajetórias do conceito de paisagem na Geografia. **RA'EGA**, Curitiba, n. 7, p. 79-85. Editora UFPR, 2003.
- SCHLESINGER, S. Pantanal por inteiro, não pela metade: Soja, hidrovia e outras ameaças à integridade do Pantanal. **Mato Grosso: Ecosystem Alliance**, 2014.
- SEPLAG - Secretaria de Estado de Planejamento. **Atlas de Mato Grosso: abordagem socioeconômico-ecológica**. Cuiabá, MT: Entrelinhas, 2011.100 p.
- SILVA, A.; SOUZA FILHO, E. E.; NEVES, S. M. A. S. Erosão marginal e sedimentação no rio Paraguai no município de Cáceres (MT). **Brazilian Journal of Geology**, v. 41, n. 1, p. 76-84, 2011.
- SILVA, C. D.; SOUZA, C. A. D. LIMA, T. E. D.; SILVA, V. N. D.; SANTANA, M. F. D. Caracterização morfológica e levantamento hidrosedimentológico do rio Paraguai entre a foz do rio Jauru à jusante da ilha Tucum, Cáceres – Mato Grosso In: 6ª Jornada Científica da Unemat, 6ª. (JC), 2015, Cáceres/MT. **Anais...** Cáceres/MT: Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, 2015. Vol. 6 (2015). ISSN 2178-7492.

SILVA, E. S. F. **Dinâmica fluvial do rio Paraguai no segmento entre Furado do Touro e Passagem Velha, Pantanal de Cáceres - Mato Grosso**. Dissertação - Universidade do Estado de Mato Grosso. Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Mato Grosso, 2012 113 fls.

SILVA, E. S. F. **Dinâmica fluvial do rio Paraguai no segmento entre furado do Touro e Passagem Velha, Pantanal de Cáceres - Mato Grosso**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Estado de Mato Grosso, UNEMAT, 2012.

SILVA, E. S. F.; SOUZA, C. A.; LEANDRO, G. R. S.; ANDRADE, L. N. P. S.; GALBIATI, C. Evolução das feições morfológicas do rio Paraguai no Pantanal de Cáceres-Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13, n. 4, 2013.

SILVA, E. S. F.; SOUZA, C. A.; LEANDRO, G. R. S.; ANDRADE, L. N. P. S.; GALBIATI, C. Evolução das feições morfológicas do rio Paraguai no Pantanal de Cáceres-Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.13, n.4, (Out-Dez) p.435-442, 2012.

SILVA, J. S. V. e ABDON, M. M. Delimitação do Pantanal Brasileiro e suas sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária**. v.33, Número Especial, Brasília. 1998. p. 1703-1711.

SILVA, M. L. Paisagem e geossistema: contexto histórico e abordagem teórico-metodológica. **Geoambiente On-line**, n. 11, p. 01-23 pág., 2008.

SILVA, R. V.; SOUZA, C. A. Ocupação e degradação na margem do rio Paraguai em Cáceres, Mato Grosso. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**. v. 8, n. 1, p. 125-152, 2012.

SILVA, V. N. **Influência dos condicionantes geoambientais no comportamento hidrodinâmico e sedimentológico da bacia hidrográfica do córrego Padre Inácio – sudoeste de Mato Grosso**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade do Estado de Mato Grosso, UNEMAT, 2019. 105 f.

SILVA, V. N.; SOUZA, C. A.; BÜHLER, B. F.; ALMEIDA, J. C.; LIMA, T. E. Caracterização morfológica e sedimentológica do rio Paraguai, no segmento entre a foz do córrego Jacobina a foz da baía dos Pestiados, Cáceres – Mato grosso, Brasil. **REVISTA GEONORTE**, Edição Especial 4, V.10, N.1, p.212-216, 2014a. (ISSN 2237-1419).

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. (org.) **Hidrologia: Ciência e aplicação**. – Porto Alegre: Ed da Universidade: ABRH: EDUSP, 1993. 943p.

SILVERIA, R. W. D.; VITTE, A. C. A paisagem em Humboldt: da instrumentalização do olhar à percepção do cosmos. In: XII- EGAL - Encontro de Geógrafos de America Latina, 2009, Montevideo. **Anais do XII- EGAL - Encontro de Geógrafos de America Latina**. Montevideo, 2009. p. 106-106.

SMITH, W. S. E.; BARELLA, W. The ichthyofauna of the Marginal Lagoons of the Sorocaba River, SP, Brazil: Composition, Abundance and Effect of the anthropogenic

Actions. Ver. **Bras. Biol.** v. 60, n. 4, São Carlos. 2000.

SOARES, A. F.; SILVA, J.; FERRARI, D. L. Solos da paisagem do Pantanal brasileiro-adequação para o atual sistema de classificação. In: **Embrapa Informática Agropecuária-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 1., 2006, Campo Grande, MS. Anais... Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; São José dos Campos: Inpe, 2006., 2006.

SOBRINHO, T. A., SONE, J. S., ANACHE, J. A. A. Avaliação de métodos para a estimativa da descarga sólida total em rios. **Anais... XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, p. 1 – 7. 2013.

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, v. 31, n. 1, p. 117-133, 2013.

SOUZA FILHO, E. E.; STEVAUX, J. C. O componente físico da planície alagável do alto rio Paraná. **A planície de inundação do alto rio Paraná (Relatório técnico)**. Universidade Estadual de Maringá: NUPÉLIA, p. 13-60, 2000.

SOUZA MELO, M. R.; CAVALCANTE, J. S. J.; PORTELA, J. C.; NASCIMENTO Silva, M. L.; REBOUÇAS, C. A. M. Atributos físicos de um Argissolo em ambiente de voçoroca no município de Mossoró, RN. **AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMIÁRIDO**, v. 10, n. 1, p. 01-06, 2014.

SOUZA, C. A. **Bacia hidrográfica do rio Paraguai – MT: Dinâmica das águas, uso e ocupação e degradação Ambiental – São Carlos: Ed Cubo, 2012. p 162.**

SOUZA, C. A. **Dinâmica do corredor fluvial do rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a estação ecológica da ilha de Taiamã-MT**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro, 2004. 198 fls.

SOUZA, C. A.; CUNHA, S. B.; SOUSA, J. B. Morfologia, hidrodinâmica e carga de sedimentos no baixo curso do rio Sepotuba, afluente da margem direita do rio Paraguai, Cáceres–MT. **Revista Ciência Geográfica - Bauru - ISSN 1413-7461 - Ano XXIII - Vol. XXIII - (2): Janeiro/Dezembro – 2019.**

SOUZA, C. A.; LANI, J. L.; SOUSA, J. B. **Questões ambientais: Pantanal mato-grossense**. Cáceres: Unemat, 2009.

SOUZA, C. A.; SOUSA, J. B. Bacia hidrográfica do córrego Piraputanga, Cáceres, Mato Grosso – Brasil: caracterização ambiental e dinâmica fluvial. **Revista Eletrônica Geoaraguaia**. Barra do Garças-MT. V 4, n.1, p 83 - 103. Janeiro/Junho. 2014.

SOUZA, C. A.; SOUSA, J. B. Dinâmica das águas do rio Paraguai, no alto curso da bacia hidrográfica do Paraguai, no trecho cidade de Cáceres e a estação ecológica da ilha de Taiamã - Mato Grosso/Brasil. In: XII Encuentro de Geógrafos de América Latina. **Anais... Caminando en una América Latina en transformación**. Montevideú, 2009.

- SOUZA, I. C. **Bacia hidrográfica do córrego Salobra: caracterização ambiental, uso e ocupação da terra e dinâmica fluvial- município de Porto Estrela.** (Dissertação – Mestrado em Ciências Ambientais). Cáceres - Mato Grosso: UNEMAT, 2015.
- SOUZA, I. C.; SOUZA, C. A. Formação Geologia e Geomorfológica da bacia hidrográfica do córrego Salobra: Porto Estrela, Mato Grosso. **Revista Equador**, v. 7, n. 1, p. 34-52, 2018.
- SOUZA, S. A.; REIS JUNIOR, D. S. R. Ferramenta computacional de acesso aos dados do hidro da Agência Nacional de Águas. XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. **Anais...** Sensoriamento remoto e gestão integrada da água e do território. Foz do Iguaçu – PR. 2019. 10 p.
- STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia Fluvial** – São Paulo: Oficina de Textos, 2017.
- STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Eos, Transactions American Geophysical Union**, v. 38, n. 6, p. 913-920, 1957.
- SUERTEGARAY, D. M. A. Geografia e interdisciplinaridade. Espaço geográfico: interface natureza e sociedade. **Geosul**, v. 18, n. 35, p. 43-54, 2003.
- TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (Orgs.). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficinas de textos, 2003.
- TUCCI, C. E. M. Potenciais impactos e o desenvolvimento do Pantanal. In: International Symposium Hydrological and Geochemical Processes in Large Scale River Basins, 1999, Manaus. **International Symposium Hydrological and Geochemical Processes in Large Scale River Basins**, 1999. v. 1. p. 1-6.
- TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica**. Ministério do Meio Ambiente. SQA. – Brasília: MMA, 2006. 302 p.
- TUCCI, C. E. Recursos Hídricos e Conservação do Alto Paraguai. **Porto Alegre, Instituto de Pesquisas Hidráulicas–Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, 2004. 16 p.
- VALERIANO, M. M. **Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul, São José dos Campos, SP INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais (INPE-10550-RPQ/756).** 72p., 2004.
- VALERIANO, M. M. Modelo digital de variáveis morfométricas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia, GO. **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2005. p. 1-8.
- VALERIANO, M. M. **Modelos digitais de elevação de microbacias elaborados com krigagem**. São José dos Campos, SP: INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais (INPE-9364-RPQ/736). 54p., 2002.
- VALERIANO, M. M.; ABDON, M. M. Aplicação de dados SRTM a estudos do Pantanal.

RBC. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 59, p. 63-71, 2007.

VALERIANO, M. M.; ROSSETTI, D. F. Topographic modeling of Marajó Island with SRTM data. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 9, p. 53-63, 2008.

VALERIANO, M. M.; ROSSETTI, D. F.; ALBUQUERQUE, P. C. G. Topodata: desenvolvimento da primeira versão do banco de dados geomorfométricos locais em cobertura nacional. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal, RN. **Anais...**, São José dos Campos, SP: INPE, 2009. v. CD-ROM. p. 1-8.

VENDRAMINI, W. J. **Mapeamento do risco de inundação na cidade de Cáceres-MT**. 207. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado de Mato Grosso – Programa de Pós-Graduação em Geografia, MT, 2017.

VIRTANEN, J. P.; HYYPPÄ, H.; KÄMÄRÄINEN, A.; HOLLSTRÖM, T.; VASTARANTA, M.; HYYPPÄ, J. Intelligent open data 3D maps in a collaborative virtual world. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 4, n. 2, p. 837-857, 2015.