

**ESTUDO DO USO E OCUPAÇÃO, MORFOMETRIA,
APORTE DE SEDIMENTOS E FRAGILIDADE
AMBIENTAL DAS SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS DA
MARGEM ESQUERDA DO RIO PARAGUAI NOS
MUNICÍPIOS DE CÁCERES E PORTO ESTRELA/ MATO
GROSSO**

VERÔNICA MARTINEZ DE OLIVEIRA RAYMUNDI

**CÁCERES
MATO GROSSO, BRASIL
2024**

VERÔNICA MARTINEZ DE OLIVEIRA RAYMUNDI

**ESTUDO DO USO E OCUPAÇÃO, MORFOMETRIA, APORTE DE
SEDIMENTOS E FRAGILIDADE AMBIENTAL DAS SUB-BACIAS
HIDROGRÁFICAS DA MARGEM ESQUERDA DO RIO
PARAGUAI NOS MUNICÍPIOS DE CÁCERES E PORTO
ESTRELA/MATO GROSSO**

Tese apresentada à Universidade do Estado
de Mato Grosso, como parte das exigências
do Programa de Pós-Graduação em Ciências
Ambientais para a obtenção do título de
Doutora em Ciências Ambientais.

Orientadora: Profa. Dra. Célia Alves de Souza

**CÁCERES
MATO GROSSO, BRASIL
2024**

Raymundi, Veronica Martinez de Oliveira.

Estudo do uso e ocupação, morfometria, aporte de sedimentos e fragilidade ambiental das Sub-bacias Hidrográficas da margem esquerda do Rio Paraguai nos municípios de Cáceres e Porto Estrela ? Mato Grosso / Veronica Martinez de Oliveira Raymundi.

- Cáceres, 2024.

241f.: il.

Universidade do Estado de Mato Grosso "Carlos Alberto Reyes Maldonado", Ciências Ambientais/CAC-PPGCA - Cáceres - Doutorado Acadêmico, Campus Universitário De Cáceres "Jane Vanini".

Orientadora: Dra. Celia Alves de Souza.

1. Bacia Hidrográfica. 2. Ocupação. 3. Hidrossedimentologia. 4. Impactos Ambientais. I. Souza, Celia Alves de, Dra. II. Título.

UNEMAT / MT-SCB

CDU 556 (282.281.621)

VERÔNICA MARTINEZ DE OLIVEIRA RAYMUNDI

**ESTUDO DO USO E OCUPAÇÃO, MORFOMETRIA, APORTE DE
SEDIMENTOS E FRAGILIDADE AMBIENTAL DAS SUB-BACIAS
HIDROGRÁFICAS DA MARGEM ESQUERDA DO RIO
PARAGUAI NOS MUNICÍPIOS DE CÁCERES E PORTO
ESTRELA/MATO GROSSO**

Linha de Pesquisa: Uso Sustentável e Conservação da Biodiversidade do
Pantanal, Amazônia e Cerrado – Impacto, monitoramento e contaminação
ambiental

Essa tese de doutorado foi julgada e aprovada como parte dos requisitos para a
obtenção do título de Doutora em Ciências Ambientais.

Cáceres, 04 de julho de 2024.

Banca Examinadora

Profª Drª Leila Nalis Paiva da Silva
Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT
(Membra Externa)

Profº Drº Marcos dos Santos
Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT
(Membro Externo)

Profª Drª Maria Aparecida Pereira Pierangeli
Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT- PPGCA

Profª Drª Solange Kimie Ikeda Castrillon
Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT- PPGCA

Profª Drª Célia Alves de Souza
Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT- PPGCA
(Orientadora)

**CÁCERES
MATO GROSSO, BRASIL
2024**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais que tanto fizeram por mim, ao meu esposo Giuliano meu grande companheiro e às minhas filhas, Júlia e Marina, minhas vidas. Obrigado por sempre estarem ao meu lado. Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

A Deus pelas oportunidades recebidas ao longo da minha vida e pela força espiritual nos momentos de dificuldades.

A UNEMAT e ao Programa Pós-Graduação em Ciências Ambientais, por oportunizar a qualificação profissional.

A CAPES pela bolsa de Doutorado concedida, contribuindo assim com o desenvolvimento desse trabalho.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação pelas aulas ministradas e contribuição com a nossa formação.

Aos colegas Fernando, Danubia e Josiane pelo companheirismo, união, estudo, reflexões, prestatividade e por compartilhar seus conhecimentos. A amizade de vocês é um presente que recebi no curso de Pós-Graduação que vou levar para a vida.

Ao meu cunhado Luiz Cláudio por ter dedicado seu tempo em organizar os gráficos desse trabalho.

Ao Thales por desenvolver os mapas e contribuir pacientemente com meus questionamentos.

A Cristiane por estar mesmo de longe, enviando sempre uma palavra de carinho e força nos momentos difíceis.

Aos professores Marcos, Solange, Leila, Maria Aparecida (Dedé) pela valiosa contribuição na banca. Suas críticas atribuíram a este trabalho maior qualidade.

A professora Célia, minha orientadora, pelo apoio, disponibilidade, compreensão, conselhos e estímulos que muito contribuíram no meu aprendizado e crescimento acadêmico. Sua dedicação ao que se propõe a fazer é admirável, obrigada pela sua amizade.

Aos meus pais, por serem a base da minha vida, seus ensinamentos são fundamentais para a pessoa que me tornei hoje.

As minhas filhas, Júlia e Marina, pela paciência e compreensão nos momentos em que não pude dar a atenção necessária e pelo carinho e afeto demonstrado durante o doutorado.

Ao meu esposo Giuliano, por estar sempre ao meu lado, pelo amor, carinho, paciência, seu apoio, companheirismo e afeto foram fundamentais na conquista desse sonho.

Aos meus familiares e amigos que ajudaram e torceram por essa conquista.

Sou grata a todos, que direta e indiretamente me apoiaram na construção deste trabalho e grande sonho.

Muito Obrigada!!!!!!

“Poucos rios, surgem de grandes nascentes, mas
muitos crescem recolhendo filetes de água”.
Públio Ovídio Naso (20 de março de 43 a.C.)

ÍNDICE

LISTA DE SIGLAS.....	13
LISTA DE TABELAS.....	14
LISTA DE QUADROS.....	15
LISTA DE FIGURAS.....	17
RESUMO GERAL.....	20
GENERAL ABSTRACT	22
INTRODUÇÃO GERAL.....	24
REFERÊNCIAS.....	28
CAPÍTULO 1 - CARACTERIZAÇÃO DOS COMPONENTES AMBIENTAIS DAS SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS DA MARGEM ESQUERDA DO RIO PARAGUAI NOS MUNICÍPIOS DE CÁCERES E PORTO ESTRELA, MATO GROSSO.....	32
RESUMO.....	32
ABSTRACT.....	33
1. INTRODUÇÃO.....	34
2. MATERIAL E MÉTODOS	37
2.1 Área de estudo	37
2.2 Procedimentos metodológicos.....	39
2.2.1 Construção da base cartográfica	39
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	40
3.1 Caracterização ambiental.....	40
3.1.1 Geologia.....	40
3.1.1.1 Formação Bauxi.....	43
3.1.1.2 Formação Puga.....	43
3.1.1.3 Formação Araras.....	44
3.1.1.4 Formação Raizama.....	46
3.1.1.5 Formação Diamantino.....	48
3.1.1.6 Formação Pantanal: Fácies–Depósitos Aluvionares, Fácies Terraços Aluvionares, Depósitos Aluvionares.....	50
3.1.2 Clima.....	51
3.1.3 Geomorfologia.....	55
3.1.3.1 Província Serrana.....	56

3.1.3.2 Depressão do Alto Paraguai.....	58
3.1.3.3 Planícies e pantanais.....	59
3.1.4 Pedologia.....	61
3.1.4.1 Cambissolo Háplico.....	63
3.1.4.2 Neossolo Litólico.....	63
3.1.4.3 Latossolos: Vermelho distrófico, Vermelho-Amarelo distrófico e Vermelho- Amarelo Petroplântico.....	64
3.1.4.4 Argissolo Vermelho eutrófico e Argissolo Vermelho- Amarelo eutrófico.....	65
3.1.4.5 Vertissolos Hidromórficos órticos.....	67
3.1.4.6 Plintossolo Argilúvico.....	67
3.1.4.7 Gleissolo Háplico.....	68
3.1.4.8 Neossolos Flúvicos.....	69
3.1.4.9 Neossolo Quartzarênico.....	70
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
5. REFERÊNCIAS	72
CAPÍTULO 2 - USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NO COMPLEXO DE BACIAS DA MARGEM ESQUERDA DO ALTO PARAGUAI, NOS MUNICÍPIOS DE CÁCERES E PORTO ESTRELA, MATO GROSSO...	80
RESUMO.....	80
ABSTRACT.....	81
1. INTRODUÇÃO.....	82
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	86
2.1 Área de estudo.....	86
2.2 Procedimentos metodológicos.....	88
2.2.1 Levantamento do processo histórico de ocupação e uso da terra nas sub-bacias.....	88
2.3 Análise documental e bibliográfica.....	89
2.4 Atividade de campo.....	89
2.5 Mapeamento temporal do uso e ocupação da terra.....	89
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	91
3.1 Evolução histórica do processo de uso e ocupação das terras no complexo de sub-bacias.....	91

3.1.1 Sub-bacia do córrego Salobra.....	91
3.1.2 Sub-bacia do Córrego Cachoeirinha.....	93
3.1.3 Sub-bacias do córrego Facão e Jacobina.....	94
3.1.4 Sub-bacias do córrego Piraputanga e Taquaral.....	96
3.1.5 Evolução histórica e processo de urbanização nas áreas das sub-bacias hidrográficas Sangradouro, Junco, Fontes e Olhos D'água.	96
3.2 Tipos de usos e cobertura nas sub-bacias da margem esquerda do Rio Paraguai, entre os municípios de Cáceres e Porto Estrela.....	101
3.3 Análise interpretativa dos mapas temáticos de uso e cobertura da terra das sub-bacias entre os anos 1986, 2006 e 2021.....	107
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	121
5. REFERÊNCIAS.....	122
CAPÍTULO 3 – MORFOMETRIA E COMPOSIÇÃO SEDIMENTAR DOS PRINCIPAIS AFLUENTES DA MARGEM ESQUERDA DO ALTO PARAGUAI, NO MATO GROSSO.....	
RESUMO.....	131
ABSTRACT.....	132
1. INTRODUÇÃO.....	133
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	135
2.1 Área de estudo.....	135
2.2 Procedimentos metodológicos.....	136
2.2.1 Trabalho de gabinete.....	136
2.2.2 Produção cartográfica.....	136
2.2.3 Morfometria das sub-bacias.....	137
2.2.4 Análise do relevo.....	137
2.2.5 Hierarquia fluvial.....	139
2.2.6 Variáveis hidrodinâmicas e sedimentos em suspensão e de fundo das sub-bacias da margem esquerda do rio Paraguai entre os municípios de Cáceres e Porto Estrela, Mato Grosso.....	139
2.2.7 Cálculo de vazão e determinação da descarga sólida suspensa...	139
2.2.8 Determinação da descarga sólida suspensão.....	140
2.2.9 Batimetria.....	140

2.2.10 Coleta e análise laboratorial do sedimento presente no fundo e em suspensão das sub-bacias hidrográficas.....	141
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	141
3.1 Características morfométricas.....	141
3.2 Densidade dos rios e da drenagem.....	148
3.3 Dinâmica fluvial e composição sedimentar das sub-bacias da margem esquerda do Rio Paraguai, nos municípios de Cáceres e Porto Estrela, Mato Grosso.....	152
3.4 Características do curso fluvial das sub-bacias, sedimento de fundo e suspensão.....	155
3.4.1 Sub-bacia Salobra.....	155
3.4.1.1 Dinâmica fluvial, sedimentos de fundo e em suspensão.....	156
3.4.2 Sub-bacia Cachoeirinha.....	156
3.4.2.1 Dinâmica fluvial, sedimentos de fundo, e em suspensão e descarga sólida.....	157
3.4.3 Sub-bacia do Taquaral.....	157
3.4.3.1 Dinâmica fluvial, sedimentos de fundo e em suspensão.....	158
3.4.4 Sub-bacia Piraputanga.....	158
3.4.4.1 Dinâmica fluvial, sedimentos de fundo e em suspensão.....	159
3.4.5 Sub-bacia Jacobina.....	159
3.4.5.1 Dinâmica fluvial, sedimentos de fundo e em suspensão.....	160
3.4.6 Sub-bacia do Facão.....	161
3.4.6.1 Dinâmica fluvial, sedimentos de fundo e em suspensão.....	162
3.4.7 Sub-bacia Olhos d'Água.....	162
3.4.7.1 Dinâmica fluvial, sedimentos de fundo e em suspensão.....	163
3.4.8 Sub-bacia do Fontes.....	164
3.4.8.1 Dinâmica fluvial, sedimentos de fundo e em suspensão.....	164
3.4.9 Sub-bacia do Sangradouro.....	165
3.4.9.1 Dinâmica fluvial, sedimentos de fundo e em suspensão.....	166
3.4.10 Sub-bacia do Junco.....	166
3.4.10.1 Dinâmica fluvial, sedimentos de fundo e em suspensão.....	168
3.5 Descarga sólida.....	169
3.6 Aspectos gerais da rede de drenagem das sub-bacias.....	174

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	177
5. REFERÊNCIAS.....	
CAPÍTULO 4 - FRAGILIDADE AMBIENTAL DO COMPLEXO DE SUB-	
BACIAS, DA MARGEM ESQUERDA DO RIO PARAGUAI NO ALTO	
PARAGUAI, MATO GROSSO.....	185
RESUMO.....	185
ABSTRACT.....	186
1. INTRODUÇÃO.....	188
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	191
2.1 Área de estudo.....	191
2.2 Procedimentos metodológicos.....	192
2.2.1 Trabalho de gabinete.....	192
2.2.2 Elaboração da base cartográfica.....	193
2.2.3 Fragilidade ambiental.....	194
2.2.4 Declividade Média (MD).....	195
2.2.5 Comportamento pluviométrico.....	196
2.2.6 Fragilidade ambiental dos solos.....	197
2.2.7 Grau de proteção do solo, de acordo com o tipo de uso e cobertura vegetal.....	198
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	199
3.1 Fragilidade ambiental.....	199
3.1.1 Fragilidade ambiental de acordo com a declividade.....	199
3.1.2 Fragilidade ambiental de acordo com o clima.....	206
3.1.3 Fragilidade ambiental do solo.....	212
3.1.4 Fragilidade do uso e cobertura da terra.....	217
3.2 Fragilidade potencial.....	223
3.3 Fragilidade emergente.....	227
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	234
5.REFERÊNCIAS.....	235

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
APP	Área de Preservação Permanente
Arpep	Associação Regional das Produtoras Extrativistas do Pantanal
BNH	Banco Nacional de Habitação
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COHAB	Companhia de Habitação Popular do Estado de Mato Grosso
CEMAT	Centrais Elétricas Mato-Grossenses
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ESEC	Estação Ecológica Serra das Araras
FASE	Federação de Assistência Social e Educação
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MDE	Modelo de Elevação Digital
PIN	Programa de Integração Nacional
PMPE	Prefeitura Municipal de Porto Estrela
PMC	Prefeitura Municipal de Cáceres
Prodoeste	Programa de Desenvolvimento do Centro Oeste
Pronaf	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
Proterra	Programa de Redistribuição de Terras e Estímulo à Agroindústria do Norte
Radambrasil	Projeto Radar do Brasil
Seplan	Secretaria de Estado de Planejamento
Seplag	Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão
SiBCS	Sistema Brasileiro de Classificação de solos
SIG	Sistema de Informação Geográfica
TOPODATA	Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil

LISTA DE TABELA

Tabela 01	Área de abrangência das unidades geológicas do complexo de sub-bacias.....	41
Tabela 02	Área de abrangência das classes pedológicas no Complexo de sub-bacias.....	61
Tabela 03	Classes de relevo e percentual de área das sub-bacias hidrográficas da margem esquerda do rio Paraguai entre os municípios de Cáceres e Porto Estrela, Mato Grosso.....	146
Tabela 04	Variáveis hidrodinâmicas das sub-bacias da margem esquerda do rio Paraguai, nos municípios de Cáceres e Porto Estrela, Mato Grosso.....	152
Tabela 05	Intervalos de Declividade Média (DM) com respectivas denominações das classes e notas a serem empregadas na pesquisa.....	195
Tabela 06	Classes de fragilidade potencial do complexo de Sub-bacias.....	225
Tabela 07	Classes de fragilidade emergente do complexo de sub-bacias.....	230

LISTA DE QUADROS

Quadro 01	Aquisição da base de dados.....	39
Quadro 02	Tipos de uso e ocupação no complexo de sub-bacias da margem esquerda do rio Paraguai entre os municípios de Cáceres e Porto Estrela Mato Grosso.....	101
Quadro 03	Uso e ocupação do assentamento Facão/ Facão Bom Jardim.....	103
Quadro 04	Dados do uso e ocupação do complexo de sub-bacias, nos municípios de Cáceres e Porto Estrela Mato Grosso.....	107
Quadro 05	Dados do uso e cobertura das sub-bacias hidrográficas da esquerda do rio Paraguai nos municípios de Cáceres e Porto Estrela, Mato Grosso.....	114
Quadro 06	Localização das sub-bacias contribuintes do rio Paraguai.....	136
Quadro 07	Classes de declividade do relevo.....	137
Quadro 08	Parâmetros morfométricos, equações e padrão de referência.....	138
Quadro 09	Procedimento de coleta dos dados de largura, velocidade e profundidade nos córregos próximos à foz das sub-bacias da margem esquerda nos municípios de Cáceres e Porto Estrela, Mato Grosso.....	140
Quadro 10	Parâmetros morfométricos e morfológicos do complexo das sub- bacias.....	142
Quadro 11	Parâmetros morfométricos e morfológicos.....	142
Quadro 12	Granulometria do sedimento de fundo das sub-bacias da margem esquerda do Rio Paraguai nos municípios de Cáceres a Porto Estrela, MT, durante o período chuvoso.....	154
Quadro 13	Localização das sub-bacias contribuintes do rio Paraguai.....	192
Quadro 14	Níveis de hierarquia do comportamento pluviométrico.....	197
Quadro 15	Fragilidade das classes de solos.....	198
Quadro 16	Classes de fragilidade e proteção, notas e tipologias de uso da terra e cobertura vegetais empregadas na pesquisa.....	199

Quadro 17 Fragilidade ambiental de acordo com a declividade no complexo de sub-bacias.....	200
Quadro 18 Declividade do relevo com respectivas denominações das classes e notas.....	202
Quadro 19 Descrição da Fragilidade da declividade ambiental do Complexo de sub-bacias.....	204
Quadro 20 Níveis de hierarquia do comportamento pluviométrico.....	209
Quadro 21 Classe da fragilidade ambiental do solo.....	212
Quadro 22 Classes de proteção, notas e tipologias de uso da terra e cobertura vegetais.....	217
Quadro 23 Distribuição da cobertura do solo nas sub-bacias.....	218
Quadro 24 Distribuição da área de pastagem do complexo de sub-bacias.....	220
Quadro 25 Distribuição da área cultivada por soja e outras lavouras Temporárias.....	221
Quadro 26 Distribuição da área desmatada com exposição dos solos.....	222
Quadro 27 Classes de fragilidade potencial das sub-bacias.....	224
Quadro 28 Classes de fragilidade Emergente das sub-bacias da Margem esquerda do rio Paraguai.....	228

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Mapa de localização da área de estudo.....	37
Figura 02	Mapa geológico das unidades de sub-bacias da margem esquerda do Rio Paraguai entre o município de Cáceres e Porto Estrela (MT).....	41
Figura 03	Feição cárstica na sub-bacia do rio Piraputanga, denominado Água Milagrosa no município de Cáceres Mato Grosso.....	46
Figura 04	Paredão de Arenito no alto curso da sub-bacia Piraputanga em Cáceres, Mato Grosso.....	47
Figura 05	Mapa climático das sub-bacias hidrográficas, da margem esquerda do rio Paraguai nos municípios de Cáceres e Porto Estrela, Mato Grosso.....	52
Figura 06	Precipitação anual das sub-bacias da margem esquerda do Rio Paraguai, nos município de Cáceres a Porto Estrela, Mato Grosso...	53
Figura 07	Mapa de Geomorfologia das sub-bacias da margem esquerda do Alto Paraguai nos municípios de Cáceres e Porto Estrela, Mato Grosso.....	55
Figura 08	Dobramento da rocha no relevo da Província Serrana.....	56
Figura 09	Vista da unidade geomorfológica da Província Serrana, na bacia hidrográfica Piraputanga, Cáceres Mato Grosso.....	57
Figura 10	Vista da Província Serrana no período de estiagem.....	58
Figura 11	Vista aérea das Planícies e Pantanaís no município de Cáceres, MT.....	60
Figura 12	Foz do córrego Junco: período de estiagem em julho (A) e úmido em janeiro (B).....	60
Figura 13	Mapa de solos das sub-bacia da margem esquerda do rio Paraguai, nos municípios de Cáceres e Porto Estrela, Mato Grosso.....	62
Figura 14	Características visuais do Plintossolo Argilúvico localizado na sub-bacia do rio Junco, Cáceres Mato Grosso.....	68
Figura 15	Mapa de localização da área de estudo.....	87
Figura 16	Obras da pavimentação asfáltica e ponte na MT-343, entre os municípios de Cáceres e Porto Estrela, Mato Grosso.....	92
Figura 17	Edificações de origem portuguesa da fazenda Facão,	

município de Cáceres, Mato Grosso.....	95
Figura 18 Evolução da população total, urbana e rural de Cáceres entre as décadas de 1970 a 2022.....	98
Figura 19 Expansão urbana no município de Cáceres entre os períodos de 1986,1991,1996, 2016 e 2021.....	99
Figura 20 Expansão da área da cascalheira nos anos de 2010, 2014, 2018 e 2023.....	104
Figura 21 Obra de construção de ponte sobre o córrego Fontes, na cidade de Cáceres, Mato Grosso.....	106
Figura 22 Mapa espaço/temporal do uso e cobertura do complexo de sub-bacias.....	108
Figura 23 Expansão da pastagem e criação de bovinos em Área de Preservação Permanente na sub-bacia Piraputanga e Junco.....	112
Figura 24 Mapa de localização do Complexo de bacias.....	135
Figura 25 Hierarquia fluvial do complexo de sub-bacias.....	143
Figura 26 Declividade do complexo de sub-bacias hidrográficas.....	145
Figura 27 Perfil topográfico das sub-bacias hidrográficas da margem esquerda do Rio Paraguai entre os municípios de Cáceres e Porto Estrela, Mato Grosso.....	147
Figura 28 Densidade de drenagem do complexo de sub-bacias do Alto Paraguai.....	149
Figura 29 Erosão do solo na sub-bacia hidrográfica do Facão.....	151
Figura 30 Acesso do rebanho bovino ao córrego Salobra, em Porto Estrela, Mato Grosso.....	156
Figura 31 Baixo curso do córrego Jacobina.....	160
Figura 32 Despejo de lixo no canal do córrego do Junco.....	167
Figura 33 Perfil transversal do canal do Junco próximo a foz do rio Paraguai.....	168
Figura 34 Trecho próximo à foz do córrego do Junco.....	169
Figura 35 Descarga sólida em suspensão.....	170
Figura 36 Depósitos de sedimentos no córrego Taquaral e Córrego do Sangradouro.....	171
Figura 37 Sedimentos de fundo do complexo de sub-bacias da	

margem esquerda do rio Paraguai entre os municípios de Cáceres e Porto Estrela, MT.....	174
Figura 38 Mapa de localização da área de estudo.....	191
Figura 39 Mapa de declividade da sub-bacia.....	200
Figura 40 Mapa climático da região das sub-bacias.....	207
Figura 41 Mapa de precipitação do complexo de sub-bacias.....	208
Figura 42 Mapa de solos do complexo de sub-bacias do Alto Paraguai	212
Figura 43 Uso e ocupação da terra no complexo de sub-bacias no período de 2021.....	218
Figura 44 Mapa de fragilidade potencial.....	223
Figura 45 Mapa de fragilidade emergente do complexo de sub-bacias da margem esquerda do rio Paraguai.....	228
Figura 46 Criação de bovinos na sub-bacia Piraputanga.....	231

RESUMO GERAL

RAYMUNDI, Verônica Martinez de Oliveira. **Estudo do uso e ocupação, morfometria, aporte de sedimentos e fragilidade ambiental das sub-bacias hidrográficas da margem esquerda do rio Paraguai nos municípios de Cáceres e Porto Estrela/Mato Grosso**. 241 f. Cáceres: UNEMAT, (Tese – Doutorado em Ciências Ambientais) ¹.

A erosão e o aporte de sedimentos em uma bacia hidrográfica resultam das interações de fatores relacionados ao solo, relevo, clima, uso e cobertura. A dinâmica dos elementos naturais, associada ao uso e à ocupação em bacias hidrográficas, influencia os processos de erosão hídrica e estimativas do aporte de sedimentos. Os modelos metodológicos de análise morfométrica e da fragilidade ambiental são importantes para identificar áreas suscetíveis à erosão. O presente estudo objetivou avaliar os componentes ambientais, uso e ocupação da terra, morfometria, comportamento hidrossedimentológico e a fragilidade ambiental das sub-bacias Salobra, Cachoeirinha, Taquaral, Piraputanga, Olhos D'água, Fontes, Sangradouro, Junco, Facão e Jacobina. Essas sub-bacias formam uma região hidrográfica que abrange 2.652,92 km², na margem esquerda do rio Paraguai, nos municípios de Porto Estrela e Cáceres, Mato Grosso. Os procedimentos metodológicos incluíram revisão teórica e conceitual, caracterização dos elementos ambientais, confecção e interpretação de mapas temáticos, além de atividades de campo para observação. O levantamento do uso e ocupação da terra foi realizado por meio de mapeamento temporal (1985, 2006, 2021), evidenciando a expansão urbana no município de Cáceres. O levantamento da morfometria das sub-bacias hidrográficas foi gerado por imagens de satélites e equações matemáticas. Quanto à hidrossedimentologia, foram tabulados dados secundários coletados na foz e realizado o mapeamento da fragilidade ambiental. Na elaboração dos mapas temáticos (geologia, geomorfologia, solos, precipitação, clima, declividade e uso e ocupação) foram utilizadas as seguintes bases de dados: CPRM (Serviço Geológico do Brasil) para a geomorfologia, solos IBGE (Instituto Brasileiro de PGeografia e Estatística) padronização SiBCS (Sistema Brasileiro de Classificação do Solo), precipitação ANA (Agência Nacional das Águas) *hidroweb*, clima Topodata, declividade pela Carta Geomorfométrica MDE (Modelo de Elevação Digital) Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (Topodata–Inpe) e uso e ocupação plataforma mapBiomas. Os mapas foram confeccionados na escala de 1: 650.000, sobre a base de dados com escala de 1:250.000. O processamento dos dados foi realizado através do Sistema de Informação Geográfica, software ArcGis® 10.6. O primeiro capítulo aborda a caracterização ambiental, mostrando que a geologia é constituída pelas formações Diamantino, Araras, Raizama, Bauxi, Puga, Formação Pantanal Depósitos Aluvionares e Terraços Aluvionares e Depósitos aluvionares. Os tipos climáticos são: Tropical Megatérmico Sub-Úmido das Depressões e Pantanaís de Mato Grosso e Tropical de Altitude Mesotérmico Quente da Fachada Meridional das Chapadas e Planaltos. A geomorfologia inclui três unidades: a Província Serrana, que ocupa a maior área na região hidrográfica, seguida da Depressão do Alto Paraguai e pelas Planícies e Pantanaís. A cobertura pedológica é composta por Cambissolos Háplicos, Neossolos Litólicos, os Latossolos predominantes no leste e nordeste da área

de estudo, os Argissolos no sul e sudoeste e Gleissolos Háplicos, Plintossolos e Neossolos Flúvicos na área de confluência com o rio Paraguai. O uso e ocupação da terra é o tema da segunda seção. Após a ocupação indígena, houve a migração portuguesa, baseada na política das Sesmarias e, posteriormente, entre os séculos XIX e XX, novas atividades econômicas atraíram novos grupos de imigrantes. Atualmente, a pecuária é a atividade mais praticada na região, sendo responsável pelo desmatamento e intensificação dos processos erosivos que comprometem a disponibilidade de água. O terceiro capítulo apresenta dados morfométricos, das sub-bacias e o comportamento hidrossedimentológico. Os resultados demonstram que as sub-bacias têm formato alongado, com baixa propensão a enchentes, apresentando baixa densidade de rios e drenagem. Predomina um relevo suave, ondulado e plano, com as declividades escarpadas e acentuadas, apresentando menor área de abrangência. Devido ao baixo fluxo e à vazão da água dos rios próximos à confluência com o rio Paraguai, as sub-bacias demonstram capacidade de transportar sedimentos de granulometria fina. A concentração de sedimentos em suspensão foi maior nas seções com uso mais intenso de pastagens e criação de gado. A fragilidade ambiental das sub-bacias hidrográficas é tratada no capítulo quatro. A sobreposição dos mapas permitiu mapear a fragilidade ambiental, em condições naturais (fragilidade potencial), e ambientes antropizados (fragilidade emergente). Na fragilidade potencial, predominou nível médio, com 1004,58 km² distribuídos nas Depressões do Alto Paraguai. Na fragilidade emergente, também predominou o nível médio, abrangendo 1.430,07 km² do complexo das sub-bacias. Os locais com menor fragilidade estão nas áreas planas das planícies, enquanto as elevações da Província Serrana apresentam as maiores fragilidades, que necessitando de manejo adequado para evitar danos socioambientais. Este estudo proporcionou um entendimento da dinâmica natural e ocupacional da terra, permitindo compreender a produção da carga de sedimentos, nas sub-bacias, direcionadas ao rio Paraguai. As informações obtidas constituem importante instrumento de planejamento e gestão dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica. Ocupação. Hidrossedimentologia. Impactos Ambientais.

¹Orientadora: Prof^a Dr^a Célia Alves de Souza – UNEMAT/Cáceres.

GENERAL ABSTRACT

RAYMUNDI, Verônica Martinez de Oliveira. **Study of the use and occupation, morphometry, sediment input and environmental fragility of the hydrographic sub-basins on the left bank of the Paraguay River in the municipalities of Cáceres and Porto Estrela/Mato Grosso.** 241 f. Cáceres: UNEMAT, 2023 (Thesis – Doctorate in Environmental Sciences) ¹.

Erosion and sediment input in a river basin result from the interactions of factors related to soil, relief, climate, use and coverage. The dynamics of natural elements, associated with the use and occupation in river basins, influences water erosion processes and estimates of sediment input. Methodological models of morphometric analysis and environmental fragility are important for identifying areas susceptible to erosion. The present study aimed to evaluate the environmental components, land use and occupation, morphometry, hydrosedimentological behavior and the environmental fragility of the Salobra, Cachoeirinha, Taquaral, Piraputanga, Olhos D'água, Fontes, Sangradouro, Junco, Facão and Jacobina sub-basins. These sub-basins form a hydrographic region covering 2,652.92 km², on the left bank of the Paraguay River, in the municipalities of Porto Estrela and Cáceres, Mato Grosso. The methodological procedures included theoretical and conceptual review, characterization of environmental elements, creation and interpretation of thematic maps, in addition to field observation activities. The survey of land use and occupation was carried out through temporal mapping (1985, 2006, 2021), highlighting urban expansion in the municipality of Cáceres. The survey of the morphometry of the sub-watersheds was generated by satellite images and mathematical equations. Regarding hydrosedimentology, secondary data collected at the mouth were tabulated and environmental fragility was mapped. In preparing the thematic maps (geology, geomorphology, soils, precipitation, climate, slope and use and occupation) the following databases were used: CPRM (Brazilian Geological Service) for geomorphology, IBGE soils (Brazilian Institute of Geography and Statistics) SiBCS (Brazilian Soil Classification System) standardization, ANA (National Water Agency) precipitation, hydroweb, Topodata climate, declivity by the MDE Geomorphometric Chart (Digital Elevation Model) Brazilian Geomorphometric Database (Topodata-Inpe) and use and occupancy mapBiomias platform. The maps were created at a scale of 1:650,000, based on a database with a scale of 1:250,000. Data processing was carried out using the Geographic Information System, ArcGis® 10.6 software. The first chapter addresses the environmental characterization, showing that the geology is made up of the Diamantino, Araras, Raizama, Bauxi, Puga formations, Pantanal Formation, Alluvial Deposits and Alluvial Terraces and Alluvial Deposits. The climate types are: Tropical Megathermal Sub-Humid Depressions and Pantanales of Mato Grosso and Tropical High Altitude Hot Mesothermal of the Southern Facade of Chapadas and Plateaus. The geomorphology includes three units: the Serrana Province, which occupies the largest area in the hydrographic region, followed by the Upper Paraguay Depression and the Plains and Pantanales. The pedological cover is composed of Haplic Cambisols, Litholic Neosols, the predominant Oxisols in the east and northeast of the study area, the Argisols in the south and southwest and Haplic Gleisols, Plintisols and Fluvic Neosols in the area of confluence with the Paraguay River. The use and occupation of land is the theme of the second section. After the indigenous occupation, there was

Portuguese migration, based on the Sesmarias policy and, later, between the 19th and 20th centuries, new economic activities attracted new groups of immigrants. Currently, livestock farming is the most practiced activity in the region, being responsible for deforestation and intensification of erosion processes that compromise water availability. The third chapter presents morphometric data, sub-basins and hydrosedimentological behavior. The results demonstrate that the sub-basins have an elongated shape, with a low propensity to floods, presenting a low density of rivers and drainage. A smooth, undulating and flat relief predominates, with steep and steep slopes, presenting a smaller area of coverage. Due to the low flow and water flow of rivers close to the confluence with the Paraguay River, the sub-basins demonstrate the capacity to transport fine-grained sediments. The concentration of suspended sediment was higher in sections with more intense use of pastures and livestock farming. The environmental fragility of sub-watersheds is addressed in chapter four. The overlay of maps allowed mapping environmental fragility, in natural conditions (potential fragility), and man-made environments (emerging fragility). In terms of potential fragility, the medium level predominated, with 1004.58 km² distributed in the Upper Paraguay Depressions. In the emerging fragility, the medium level also predominated, covering 1,430.07 km² of the sub-basin complex. The places with the least vulnerability are in the flat areas of the plains, while the elevations of the Serrana Province present the greatest weaknesses, which require adequate management to avoid socio-environmental damage. This study provided an understanding of the natural and occupational dynamics of the land, allowing us to understand the production of sediment load, in the sub-basins, directed to the Paraguay River. The information obtained constitutes an important tool for planning and managing water resources.

Keywords: hydrographic basin, sedimentation, environmental fragility, Environmental impacts.

¹ Dissertation Advisor: PhD Professor Celia Alves de Souza, Unemat/Cáceres/MT.

INTRODUÇÃO GERAL

A água é reconhecida como um recurso natural fundamental por ser essencial à sobrevivência de todos os seres vivos, bem como indispensável à produção e manutenção dos ciclos biológicos, químicos e geológicos. Dessa maneira, contribui para a manutenção do equilíbrio dos ecossistemas (Libânio, 2010).

Segundo Coelho Netto (2015), a água constitui um dos mais relevantes elementos físicos da paisagem terrestre, pois sua interação com os fenômenos atmosféricos e litosféricos influencia diretamente a vida vegetal, animal e humana. Considerando as múltiplas funções desempenhadas pela água, é notável destacar sua atuação no ambiente ao promover gradativa e constante esculturação e modelagem na superfície terrestre.

Inseridos nesse contexto, os rios destacam-se como os principais agentes na condução dos materiais intemperizados. Seus canais conduzem sedimentos das áreas mais elevadas para as mais baixas, o que favorece a ocorrência de processos morfogenéticos, mais ativos na esculturação da paisagem. Dessa forma, os estudos relacionados às drenagens fluviais ou à rede de drenagem tornam-se de grande relevância para a geomorfologia.

De acordo com Christofolletti (1980), a rede de drenagem é composta por um conjunto de canais de escoamento inter-relacionados que formam uma bacia de drenagem, a qual pode ser alimentada por um rio ou por um sistema fluvial. As bacias de drenagem, também denominadas bacias hidrográficas, são constituídas de fatores físicos, químicos, biológicos e antrópicos que, ao interagirem, geram consequências diretas e indiretas sobre o sistema hídrico (Christofolletti, 1980; Ribeiro *et al.*, 2013). Os autores explicam que as condições climáticas, a cobertura vegetal e a litologia são fatores que, além de controlarem a morfogênese das vertentes, influenciam a quantidade de sedimentos que chegam aos rios.

A compreensão das condições naturais do ambiente (solos, rochas, climas e vegetação), quando integradas, possibilita a criação de modelos que descrevem cenários de erosão e sedimentação, associados à geomorfologia (Christofolletti, 1980). O material erodido, resultante do desgaste de rochas e solos em áreas de bacias hidrográficas, gera sedimentos que são transportados

para o leito dos rios e escoados mediante a velocidade da água, volume do fluxo, geometria hidráulica da seção e declividade apresentada no terreno (Cunha, 2012).

Os sedimentos presentes nos cursos hídricos têm origem na erosão das bacias hidrográficas, das margens e do leito dos rios. As partículas erodidas são transportadas em suspensão ou ao longo do leito, rolando, deslizando ou saltando (Carvalho, 2008). A carga em suspensão é composta por partículas finas que se movimentam com a velocidade da correnteza. Cunha (2015) explica que a carga de fundo é formada por sedimentos maiores (areia, cascalho ou fragmento de rocha) e deslocam-se por arraste, deslizando ou saltando. Os sedimentos localizados no leito sofrem a resistência do atrito, resultando em uma menor velocidade se comparado aos suspensos (Amaral *et al.*, 2021).

Nos últimos séculos, a erodibilidade do solo tem sido fortemente influenciada pelas atividades humanas. As perturbações na estrutura do solo, resultantes do manejo inadequado de práticas agropecuárias ou obras de engenharia, podem causar erosão e aumentar a carga sólida nos rios. Diante disso, tais alterações comprometem a dinâmica natural e provocam sérios desequilíbrios no sistema.

Vale ressaltar que as alterações associadas às bacias podem estar vinculadas tanto a fatores naturais como também a antrópicos presentes no ambiente em que se localizam. Portanto, o sistema fluvial reflete diversas de suas características, relacionadas à geologia, pedologia, morfologia, vegetação e clima além das atividades antrópicas. Esses fatores possibilitam a aplicação de estudos de fragilidade ambiental em bacias hidrográficas, constituindo-se como instrumento estratégico para o planejamento e gestão ambiental (Gonçalves, *et al.*, 2011; Ross, 1994; Ross, 2012).

Outro instrumento de planejamento é o levantamento morfométrico, que permite melhor compreensão do sistema hídrico. Para Christofolletti (1980), a aplicação desse método contribui na visualização do conjunto de canais, sob a ótica quantitativa, possibilitando novas análises metodológicas. O estudo da morfometria possibilita, por meio de equações matemáticas, a definição de medidas, a configuração da superfície terrestre, bem como as dimensões e formas de relevo. Dessa forma, a caracterização morfométrica (área, perímetro, densidade de drenagem, declividade, altitude) de uma bacia hidrográfica fornece

instrumentos para estudar e qualificar seus componentes hidrológicos, como a evolução do canal, transporte de sedimentos e vazão (Christofoletti 1980; Silvia, *et al.*, 2021).

Ao longo do tempo, a bacia hidrográfica evidencia diversas mudanças físicas ocasionadas por fatores naturais e antrópicos. Nesse contexto, os cursos hídricos demonstram grande fragilidade, em decorrência das alterações provocadas pelas ações antropogênicas, respondendo, de forma imediata, às agressões resultantes do uso e ocupação do solo (Melo, 2007; Righi *et al.*, 2023). As consequências à integridade dos recursos hídricos interferem diretamente na disponibilidade deste recurso, tanto em termos de quantidade e qualidade, resultando em sérios danos aos ecossistemas aquáticos e ribeirinhos (Ferreira, 2016; Vanzella *et al.*, 2010).

Diante da relevância desse assunto, é notável a realização de trabalhos sobre a dinâmica dos sistemas hídricos e ações antrópicas no âmbito internacional como os de Williams (1989); Sangle e Yannawar (2015) e Alshammari *et al.* (2023). Em âmbito nacional, destacam-se as contribuições de Tucci, (1997, 2005); Lucas e Cunha, (2007); Vieira e Cunha (2008); Carvalho *et al.* (2010) e Luz e Rodriguês (2020). Regionalmente, os estudos de Cruz (2015); Cruz e Souza (2016); Bühler (2016); Santos *et al.* (2017); Raymundi (2017); Santana e Cunha, (2017); Farias, (2019); Tavares, (2020) e Oliveiras *et al.*, (2022) exploram as particularidades locais.

Os rios das sub-bacias Salobra, Cachoeirinha, Taquaral, Piraputanga, Olhos d'água, Fontes, Sangradouro, Junco, Facão e Jacobina formam uma importante rede de drenagem, que abastece propriedades rurais e áreas urbanas do município de Cáceres, além do rio Paraguai no Mato Grosso. Neste estudo, serão abordadas as condições dos componentes ambientais e como o uso e ocupação dos solos estar exercem influência no escoamento e no aporte de sedimentos pela drenagem hídrica até o rio Paraguai, bem como a apresentação dos níveis de fragilidade ambiental.

Dessa forma, a hipótese na qual se fundamenta este estudo é a de que as características ambientais e o uso inadequado da terra podem estar contribuindo com o aumento de cargas de sedimentos nas bacias que afluem para o rio Paraguai ao longo do perfil longitudinal. A declividade do terreno, a

litologia, os tipos de solos e o uso e ocupação da terra nas sub-bacias hidrográficas podem estar influenciando os níveis de fragilidade ambiental.

Nessa perspectiva, o presente estudo propôs avaliar os componentes ambientais, o uso e a ocupação da terra, a morfometria, o comportamento hidrossedimentológico e a fragilidade ambiental das sub-bacias em questão. Para alcançar o objetivo apresentado, foi realizada a caracterização ambiental dos elementos naturais por meio de mapeamento. Ao processo histórico de uso e ocupação, utilizou-se o mapeamento temporal, além da identificação e análise das características morfométricas. Dados secundários foram empregados para analisar a dinâmica fluvial e o aporte de sedimentos dos rios que afluem para o rio Paraguai, assim como para identificar as fragilidades ambientais e seus níveis de classificação na área das sub-bacias.

Espera-se que este trabalho contribua com importantes informações a respeito das relações estabelecidas entre a dinâmica dos elementos naturais e antrópicos, visando reduzir os efeitos do uso e ocupação do solo. Dessa forma, possibilitará a geração de indicadores que podem servir como ferramentas voltadas para subsidiar tomada de decisão do poder público em relação à gestão e à previsão de cenários, no contexto do complexo de bacias da margem esquerda do Alto Paraguai.

Esta pesquisa está organizada em quatro capítulos. No primeiro deles, foi realizada a caracterização ambiental das sub-bacias hidrográficas Salobra, Cachoeirinha, Taquaral, Piraputanga, Olhos d'água, Fontes, Sangradouro, Junco, Facão e Jacobina, considerando os componentes ambientais: clima, vegetação, geologia, geomorfologia de maneira a relacioná-los com o padrão de drenagem.

O segundo capítulo discute o processo histórico de ocupação, uso e cobertura da terra na área das sub-bacias hidrográficas. Nessa seção, analisa-se o processo de ocupação e as formas de uso e cobertura da terra, contextualizando-as por meio da interpretação de mapas temporais e avaliando como isso refletiu nos aspectos ambientais.

A morfometria, a caracterização do perfil longitudinal do canal principal e a composição sedimentar das sub-bacias é o tema do terceiro capítulo. O quarto trata da fragilidade ambiental na área das sub-bacias para a qual foi realizado o

mapeamento potencial e emergente, bem como a análise dos níveis de fragilidade verificados nos ambientes naturais e antropizados.

REFERÊNCIAS

ALSHAMMARI, E.; RAHMAN, A. A.; RAINIS, R., SERI, N. A., & FUZI, N. F. A. The Impacts of Land Use Changes in Urban Hydrology, Runoff and Flooding: A Review. **Current Urban Studies**. V.11, p.120-141, mar. 2023. Disponível em: https://www.scirp.org/pdf/cus_2023031614593425.pdf. Acesso: 25/03/2024;

AMARAL, A.K.N.; ROSA, L.E.; FORMIGA, T.M. Estudo do transporte de sedimentos em suspensão ao longo da bacia do rio Meia Ponte-Go. **Ateliê Geográfico**, Goiânia-GO, v.15, n.2, p.94 -113, ago/2021

BUHLER, 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**. 2016, 157f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade do Estado do Mato Grosso, UNEMAT, Cáceres, MT, 2016;

CARVALHO, N. de O. Fundamentos da hidrossedimentologia. *In*: CARVALHO, N. de O. **Hidrossedimentologia prática**. 2. ed., Rio de Janeiro, RJ: Interciência, 2008.

CARVALHO, L. E. P.; BITOUN, J. CORREA, A. C. B. Canais fluviais urbanos: proposta de tipologias para a região metropolitana do Recife (RMR). **Revista de Geografia**. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. especial VIII SINAGEO, n. 3, p.66-80, set. 2010;

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

COELHO NETTO, A.L. Hidrologia de encostas na interface com a Geomorfologia. *In*: GUERRA, A.J.T. & CUNHA, S.B. **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. Rio de Janeiro, RJ: Editora Bertrand Brasil, 2015 p.93-148;

CRUZ, J.S.B. **Caracterização Ambiental ocupação e uso da terra e Dinâmica fluvial na Bacia hidrográfica do Córrego Facão no município de Cáceres**. 2015 100f Mestrado (Geografia), Universidade do Estado do Mato Grosso, Cáceres, MT 100f 2015.

CRUZ, J.S.; SOUZA, C.A. A questão urbana bacia do Alto Paraguai: Desenvolvimento urbano e suas implicações nos canais de drenagem em Cáceres/MT (períodos de 1945 a 2013). **Bol. geogr.** Maringá, v. 34, n. 3, p. 111-116, 2016.

CUNHA, S. B. da. Canais Fluviais e a Questão Ambiental. *In*: CUNHA, S. B. da.; GUERRA, A. J. T. (orgs.). **A questão Ambiental**: diferentes abordagens. 7. ed., Rio de Janeiro, RJ: Bertrand Brasil, 2012. p. 219-238.

CUNHA, S. B. da. Geomorfologia Fluvial. *In*: GUERRA, A. J. T. CUNHA, S. B. da. (Orgs.). **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro, RJ: Editora Bertrand do Brasil, 2015. p. 211-252;

FARIAS, A.B. **Morfometria, aporte de sedimentos e fragilidades ambientais na Sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral, Cáceres -Mato Grosso**. 2019 140f Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade do Estado do Mato Grosso UNEMAT Cáceres, MT, 140f. 2019;

FERREIRA, C. C. Zoneamento ambiental das paisagens: estudo de caso do alto curso da bacia hidrográfica do rio Sucuriú, Mato Grosso do Sul. **Bol. Goia. Geogr.** Goiânia, v.36 n.2, p.341-358, maio/agosto 2016. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/bgg/article/view/341/pdf>. Acesso: 25/03/2024.

GONÇALVES, G.G.G.; DANIEL, O.; COMUNELLO, E.; VITORINO, A.C.T.; ARAI, F.K. Determinação da Fragilidade Ambiental de bacias hidrográficas FLORESTA, **Curitiba, PR**, v. 41, n. 4, p. 797 - 808, out./dez. 2011.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de água**. Campinas, SP: Editora Átomo, 2010;

LUCAS, L. M. e CUNHA, S. B. Rede de drenagem urbana em área tropical: Mudanças na morfologia do canal e níveis de poluição das águas- Rio dos Macacos– Rio de Janeiro, RJ. **GEOUSP – Espaço e Tempo**, São Paulo, no 22, p.39-64 2007;

LUZ, R. A.; RODRIGUES, C. O processo histórico de ocupação e de ocorrência de enchentes na planície fluvial do rio Pinheiros de 1930 até os dias atuais. **Geosp – Espaço e Tempo** (On-line), v. 24, n. 2, p. 340-360, ago. 2020.

MELO, M. J. V. **Medidas estruturais e não estruturais de controle de escoamento superficial aplicáveis na Bacia do Rio Frágoso na cidade de Olinda**. 2007. 172 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2007;

OLIVEIRA, J.D.; SOUZA, C.A.; GALBIATI, C.; SOUSA, B.J. Componentes ambientais e hidrodinâmica na bacia hidrográfica do Rio Branco, contribuinte do Pantanal Mato-Grossense. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.15, n.01, p.465-487, 2022

RAYMUNDI, V.M.O. **Processo de Urbanização: do uso e ocupação na morfologia do canal do Junco Cáceres-MT**. 2017 157f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade do Estado de Mato Grosso. Cáceres, MT. 170 f. 2017;

RIBEIRO, M. J. P.; D' LAURO, A.; ANDRADE, D.; SAMPAIO, R. Os impactos ambientais na bacia hidrográfica do rio do Cobre em Salvador, Bahia:

Utilização do Geoprocessamento na avaliação de impactos ambientais. *In*: SBRH-SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, XX., 2013, Bento Gonçalves RS. **Anais** [...]. Bento Gonçalves: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2013. XX p.1-8;

ROSS, J. L. S. Landforms and environmental planning: potentialities and fragilities. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, volume especial de 30 Anos, p.38-51, 2012.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, SP, n. 8, p. 63-74, 1994;

Righi, E.; Frozi, M.S.; DRAWANZ, B. B.; FILHO, C.O.A. Uso e ocupação em áreas de preservação permanente no município de Vacaria/RS. *Revista Georaguaia*. v.13, n.2. p. 1-26, dez 2023

SANGLE, A. S.; YANNAWAR, P. L. Morphometric analysis of watershed of sub-drainage of Godavari river in Marathwada, Ambad region by using remote sensing. **International Journal Of Computer Applications**, v. 125, n. 5, p.30-35 set., 2015.

SANTANA, M.F.; CUNHA, S.B. Intervenções em canais urbanos e suas repercussões: bacia hidrográfica do córrego Sangradouro, Cáceres-Mato Grosso. **Revista Geografar**. Curitiba, v.14, n.2, p.210-225, jul./dez. 2019.

SANTOS, M.; SOUZA, C.A.; ANDRADE, L.N.P.S. A dinâmica fluvial da bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha no município de Cáceres-Mato Grosso. **Ciência geográfica – Bauru- XXI**, v. XXI, n.1, p.156-170 jan/dez 2017

SILVIA, E.C.R.; ALVES, F.B.; SOUZA, M.J.R; PROGÊNIO, M.F.; COSTA, C.E.A. Modelagem hidrodinâmica como ferramenta para gerenciamento de riscos hídricos no rio Tapajós. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v. 22, n.1 p.337-350, 2021.

Disponível em: https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1975/pdf_6. Acesso em: 25/03/2024.

TAVARES, C. **Bacia do Córrego Piraputanga, Cáceres-Mato Grosso: Qualidade da água, aspectos físicos do solo e a capacidade de uso da terra**. Dissertação (mestrado de Geografia), 152f 2020 Universidade do Estado do Mato Grosso, UNEMAT Cáceres 152f 2020;

TUCCI, C.E.M. Plano Diretor de Drenagem Urbana. Princípios e concepção. RBRH. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 2 n.2 jul./dez. 1997;

TUCCI, C.E.M. **Gestão das águas pluviais urbanas**. Ministério das Cidades – Global Water Partners hip – Wolrd Bank – Unesco 2005

VANZELLA, L.S.; HERNANDEZ, F.B.T.; FRANCO, R.A.M.; Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n.1, p.55-64, 2010.

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/wYWM8Ws6jCnzYQrVvJx3fzJ/?format=pdf&lang=pt> . Acesso em: 28 de julho de 2024;

VIEIRA, V. T. CUNHA. S. B. Mudanças na morfologia dos canais urbanos: Alto curso do rio Paquequer, Teresópolis – RJ (1997 – 2001). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 9, n. 1, p. 3-22, 2008.

WILLIAMS, G. P. Sediment concentration versus water discharge during single hydrologic events in rivers. **Journal of Hydrology**. Amsterdam, v. 111, p. 89 – 106, 1989.

CAPÍTULO 1

CARACTERIZAÇÃO DOS COMPONENTES AMBIENTAIS DAS SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS DA MARGEM ESQUERDA DO RIO PARAGUAI NOS MUNICÍPIOS DE CÁCERES E PORTO ESTRELA, MATO GROSSO

RESUMO

O estudo abrange as sub-bacias Salobra, Cachoeirinha, Taquaral, Piraputanga, Olhos D'água, Fontes, Sangradouro, Junco, Facão e Jacobina, formando uma rede de drenagem de rios contribuintes da margem esquerda do rio Paraguai, localizadas nos municípios de Porto Estrela e Cáceres, MT. O objetivo foi realizar a caracterização dos componentes ambientais (geologia, clima, geomorfologia e solo) dessas sub-bacias hidrográficas. Os procedimentos metodológicos incluíram a confecção de mapas, o levantamento dos aspectos ambientais e visitas in loco para observação. Para a elaboração do mapa geológico, utilizaram-se os dados do CPRM; para a geomorfologia, do IBGE solos, IBGE com padronização SiBCS; para a precipitação, da ANA; e, para o clima, do Topodata. Os mapas temáticos foram confeccionados na escala de 1:650.000, com base em dados com escala de 1:250.000. O processamento dos dados foi realizado por meio do Sistema de Informação Geográfica, software ArcGis® 10.6. Os resultados mostram que, geologicamente, predominam as formações Diamantino, Araras e Raizama no alto curso; a Formação Pantanal – Terraços Aluvionares no médio curso e os Depósitos Aluvionares no baixo curso. Existem dois tipos climáticos: Tropical Megatérmico Sub-Úmido das Depressões e Pantanaís de Mato Grosso e Tropical de Altitude Mesotérmico Quente da Fachada Meridional das Chapadas e Planaltos. As três unidades geomorfológicas identificadas são: a Província Serrana, que ocupa a maior área na região hidrográfica; a Depressão do Alto Paraguai, que apresenta poucos desníveis e suaves ondulações, e as Planícies e Pantanaís, que são periodicamente inundadas. Apesar da predominância da Província Serrana, essa formação não abrange as áreas das sub-bacias Olhos D'Água, Fontes e Junco. Pedologicamente, no alto curso, encontram-se os Cambissolos Háplicos, Neossolo Litólico; os Latossolos concentram no leste e nordeste da área de estudo; os Argissolos no sul e sudoeste e no baixo curso predominam, Gleissolos Háplicos, Plintossolos Argilúvicos e Neossolos Flúvicos. A caracterização dos aspectos ambientais e seu mapeamento possibilitaram identificar os elementos físicos e a compreensão de suas inter-relações no ambiente das sub-bacias.

Palavras-chave: Pantanal, Alto Paraguai, Província Serrana.

CHAPTER 1

CHARACTERIZATION OF ENVIRONMENTAL COMPONENTS OF THE WATER SUB-BASINS ON THE LEFT BANK OF THE PARAGUAY RIVER IN THE MUNICIPALITIES OF CÁCERES AND PORTO ESTRELA, MATO GROSSO

ABSTRACT

The study covers the Salobra, Cachoeirinha, Taquaral, Piraputanga, Olhos D'água, Fontes, Sangradouro, Junco, Facão and Jacobina sub-basins, forming a drainage network of rivers contributing to the left bank of the Paraguay River, located in the municipalities of Porto Estrela and Cáceres, MT. The objective was to characterize the environmental components (geology, climate, geomorphology and soil) of these sub-watersheds. The methodological procedures included the creation of maps, the survey of environmental aspects and on-site visits for observation. To prepare the geological map, CPRM data was used; for geomorphology, from IBGE soils, IBGE with SiBCS standardization; for precipitation, from ANA; and, for climate, from Topodata. The thematic maps were created at a scale of 1:650,000, based on data with a scale of 1:250,000. Data processing was carried out using the Geographic Information System, ArcGis® 10.6 software. The results show that, geologically, the Diamantino, Araras and Raizama formations predominate in the upper course; the Pantanal Formation – Alluvial Terraces in the middle course and the Alluvial Deposits in the lower course. There are two climatic types: Sub-humid Megathermal Tropical of the Depressions and Pantanals of Mato Grosso and Hot Mesothermal High-Altitude Tropical of the Southern Fachada of Chapadas and Planaltos. The three geomorphological units identified are: the Serrana Province, which occupies the largest area in the hydrographic region; the Upper Paraguay Depression, which has few differences in level and gentle undulations, and the Plains and Pantanals, which are periodically flooded. Despite the predominance of the Serrana Province, this formation does not cover the areas of the Olhos D'Água, Fontes and Junco sub-basins. Pedologically, in the upper course, there are the Haplic Cambisols, Litholic Neosol; the Oxisols are concentrated in the east and northeast of the study area; Argisols in the south and southwest and in the lower course predominate, Haplic Gleisols, Argiluvic Plintisols and Fluvic Neossolos. The characterization of environmental aspects and their mapping made it possible to identify the physical elements and understand their interrelationships in the sub-basin environment.

Keywords: Pantanal, Upper Paraguay, Serrana Province.

1. INTRODUÇÃO

Cunha (2012) caracteriza as bacias hidrográficas como unidades formadas por um conjunto de rios de uma mesma região, que drenam água por longos trechos e interagem diretamente com os diversos elementos naturais e antrópicos presentes no espaço terrestre. O ambiente natural envolve as condições geológicas, geomorfológica de relevo, solo, clima e vegetação que se associam, reproduzindo uma dinâmica própria (Souza; Cunha, 2012). Compreender a interação entre esses elementos naturais e a dinâmica que ocorre entre eles é fundamental para entender o funcionamento e estrutura das bacias hidrográficas.

As bacias integram uma visão conjunta do comportamento das condições naturais e das atividades humanas nelas desenvolvidas (Cunha, 2012). A autora explica que mudanças significativas nas unidades naturais podem gerar alterações, efeitos ou impactos a jusante e nos fluxos energéticos de saída.

Souza e Sousa (2014) apontam que a bacia de drenagem é uma unidade geomorfológica importante devido aos fatores (físicos, biológicos, econômicos e sociais) que nela interagem, sendo considerada por Cunha (2012) como uma excelente área de estudo para o planejamento ambiental. Ambos os autores defendem a necessidade de entender a dinâmica de uma bacia hidrográfica em função dos níveis de interação e interconexão entre seus elementos constituintes. Diversos processos naturais estão interligados, ao longo do tempo geológico, permitindo a formação e o desenvolvimento das paisagens naturais e sua diversidade no ambiente. Logo, é importante que os estudos integrados sejam indispensáveis à análise da intercorrelação dos elementos que formam a paisagem.

Christofoletti (1980) define a geomorfologia como ciência que estuda as formas de relevo, para conhecer e compreender os tipos e formas, a declividade, processos atuantes, fragilidades e potencialidades dos sistemas ambientais, objetivando o uso e ocupação do solo e a água, visando ações futuras. Segundo o autor as formas do relevo foram esculpidas por ações de processos atuantes na paisagem, existindo uma relação intrínseca entre “forma” e “processo”, objetos centrais, no entendimento da ciência geomorfológica. As formas, processos e suas relações fundam o sistema geomorfológico, considerado por

Christofolletti (1980) como um sistema aberto, que recebe influências, mas que também interfere em outros sistemas.

As pesquisas de Marques (2015), acerca da ciência geomorfológica, transmitem a ideia de interação entre os componentes ambientais, que promovem ações de erosão e acumulação. Essas interações mútuas criam uma fisionomia que reflete no todo ambiental. A criação e a formação dos relevos não são dissociadas dos componentes ambientais.

Guerra (2011) define *Geologia* como a ciência que estuda a estrutura da crosta terrestre, sua constituição e as diversas forças que agem sobre as rochas. Entre os quesitos abordados pela ciência geológica estão as consequências na alteração química dos elementos que compõem a estrutura rochosa e as formas do relevo. A estrutura geológica que forma a crosta terrestre apresenta diferentes fisionomias e feições. Essas estruturas são resultantes das diferentes origens e composições da rocha, bem como do seu processo de formação pelas forças internas (tectonismo, abalo sísmico e vulcanismo), e o desgaste causado por forças externas (vento, água, temperatura, seres vivos).

Silvia e Crispim (2019) acrescentam que as variáveis do clima são de grande relevância no processo do intemperismo – físico, químico e biológico – que promovem a decomposição e desagregação da rocha. As ações do intemperismo existente na Terra relacionam-se à variação da temperatura, à quantidade de precipitação, umidade, à insolação e aos ventos. Essas variáveis climáticas favorecem a realização do intemperismo, que é o principal responsável por moldar o relevo nas feições identificadas.

O estudo de clima tem sido de grande utilidade para explicação de certas formas de relevo. Guerra (2011, p. 96) revela que “ação dos fatores geomorfológicos individuais depende de todas as relações com o clima da paisagem respectiva, e cada região climática tem um conjunto próprio de formas”. O clima interage de maneira relevante com os diferentes elementos naturais.

O aspecto climático exerce significativa influência nos processos erosivos atuantes nas formas de relevo, na formação dos principais tipos de solos (Antunes *et al.*, 2020). Os autores pontuam que essa observação se insere no estudo integrado da paisagem, buscando a compreensão existente entre os elementos visíveis. As condições climáticas, o relevo, o material de origem e a

presença dos seres vivos atuando sobre as rochas resultam na formação dos solos (Torres, 2011). Lepsch (2010) acrescenta que as rochas, quando expostas à atmosfera, recebem a ação da temperatura, umidade, precipitação e organismos.

Os solos são considerados um recurso natural que desempenha importantes funções de armazenamento de água e nutrientes, sendo base dos processos ecológicos, de cultivo e amplamente explorados pelo homem (Torres, 2011). Diante disso, Guerra (2015) considera os estudos relacionados às propriedades do solo, como fundamentais, visto que os atributos do solo, associados a outros fatores, podem potencializar a intensidade de erosão.

Pode-se dizer que as diferentes paisagens dos territórios e as configurações espaciais determinadas pela topografia do relevo, cobertura dos solos, rede de drenagem e escoamento hídricos, entre outros, interagem com os padrões climáticos, resultando no estágio de desenvolvimento de uma dada paisagem.

O levantamento das características ambientais que compõem uma bacia hidrográfica permite conhecer sua estrutura e funcionamento. No Brasil, destacam-se pesquisas que abordam os condicionantes ambientais nos estudos das bacias hidrográficas, citando-se, entre outros: Souza (2009), Franco e Santo (2015), Marent e Portilho (2017), Nicolau (2018), Rodrigues e Leite (2018), Vaz *et.al.* (2021) além de Rosa e Ferreira (2022).

No âmbito regional, sobressaem-se as pesquisas de Ritela e Souza (2008), Zeilhofer e Miranda (2012), Padilha (2017), Jesus *et al.*, (2017), Félix (2018), Sales *et al.*, (2021). Alguns estudos foram realizados sobre as características geoambientais dos córregos existentes na margem esquerda do rio Paraguai, com destaque para as investigações de Santos (2013), Cruz (2013), Souza e Sousa (2014), Souza (2015), Cruz (2015), Bühler (2016), Santana (2017), e Raymundi (2017), Farias (2019), Tavares (2019) e Santos (2021).

Este estudo teve por objetivo realizar a caracterização dos componentes ambientais relacionados à geomorfologia, geologia, solos e clima do complexo das sub-bacias hidrográficas (Salobra, Cachoeirinha, Taquaral, Piraputanga, Olhos d'água, Fontes, Sangradouro, Junco, Facão e Jacobina), para compreender a influência dos elementos naturais, que formam as sub-bacias,

localizadas na margem esquerda do rio Paraguai, no Alto Paraguai, nos municípios de Cáceres e Porto Estrela.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A área de estudo compreende dez sub-bacias hidrográficas, contribuintes da margem esquerda do rio Paraguai, nos municípios de Porto Estrela e Cáceres no estado do Mato Grosso (Figura 01).

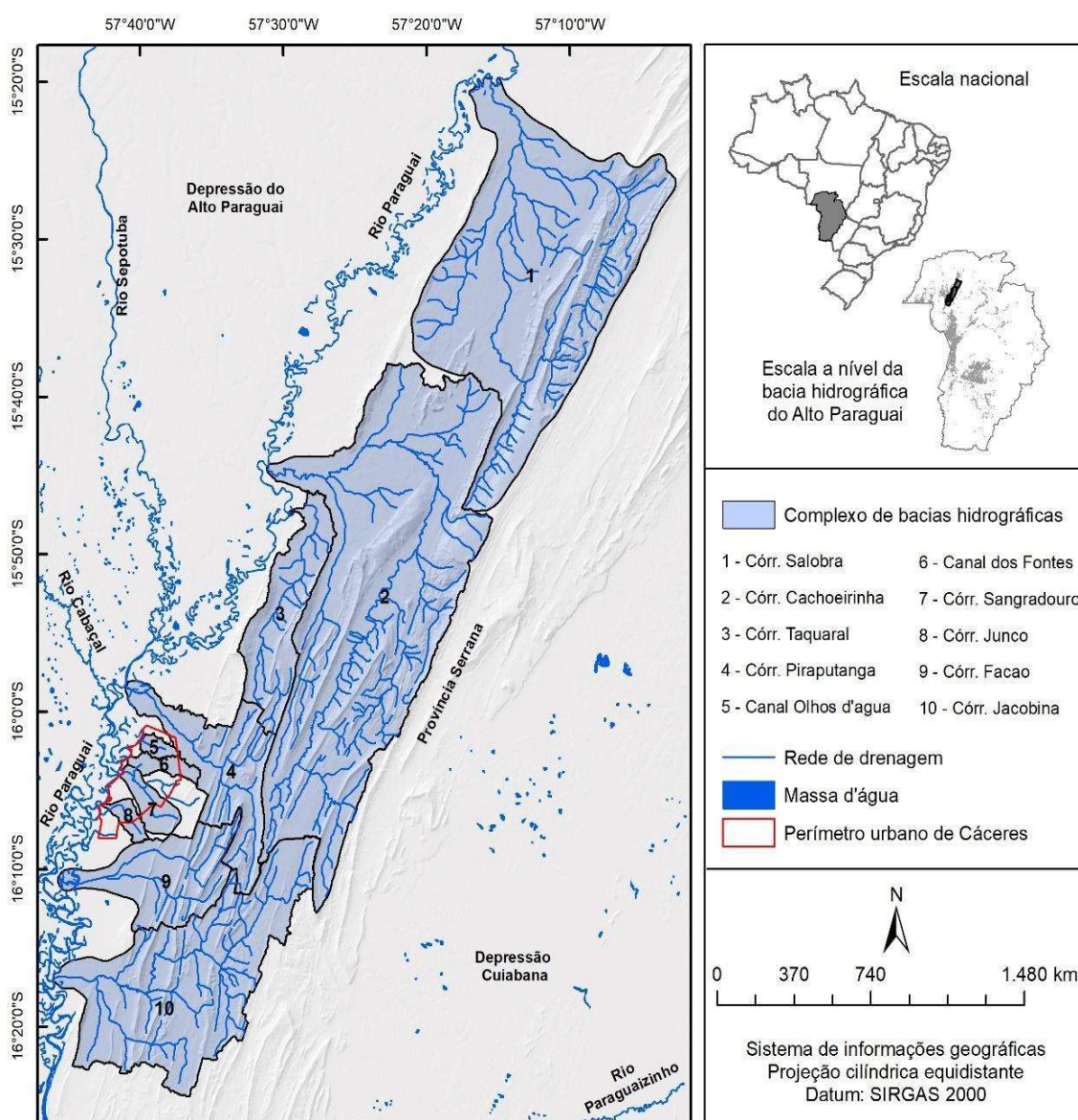


Figura 01: Mapa de localização da área de estudo. **Fonte:** Topodata – ArchHydro 2011, organização da autora (2023).

As bacias hidrográficas são denominadas Salobra, Cachoeirinha, Taquaral, Piraputangas, Olhos d'água, Fontes, Sangradouro, Junco, Facão e Jacobina Na sequência, são descritas as localizações de cada uma das sub-bacias:

(1) Salobra – Está localizada no município de Porto Estrela, Mato Grosso, entre as coordenadas geográficas 15° 20' 00" a 15° 50' 00" de Latitude Sul e 57° 02' 00" a 57° 20' 00" Longitude Oeste.

(2) Cachoeirinha – Situa-se no município de Cáceres, Mato Grosso, entre as coordenadas geográficas 15° 35' 37" e 16° 12' 30" de Latitude Sul e 57° 14' 36" e 57° 32' 24" de Longitude Oeste;

(3) Taquaral – Encontra-se no município de Cáceres, Mato Grosso, entre as coordenadas geográficas de 15° 58' 40.4" a 16° 03' 47.6" Latitude Sul e 57° 30' 28.1" a 57° 41' 13.8" Longitude Oeste;

(4) Piraputanga – Sita no município de Cáceres, Mato Grosso, entre as coordenadas geográficas 15°58'00" a 16°12'00" de Latitude Sul e 57°32'00" a 57°40'00" de Longitude Oeste;

(5) Olhos d'água – Está localizada município de Cáceres, Mato Grosso, entre as coordenadas 16° 06' 27" e 16°04'01" de Latitude Sul e 57°39'24" e 57°39'13" de Longitude Oeste;

(6) Fontes – Posicionada no município de Cáceres, Mato Grosso, entre as coordenadas geográficas 16° 03' 00" e 16° 04' 30" de Latitude Sul e 57° 36' 0" e 57° 41' 30" de Longitude Oeste;

(7) Sangradouro – Situa-se no município de Cáceres, Mato Grosso, entre as coordenadas 16°02'00" e 16°08'00" de Latitude Sul e 57°42'00" e 57°36'00" de Longitude Oeste;

(8) Junco – Encontra-se no município de Cáceres, Mato Grosso, entre as coordenadas 16°07'41" e 16°05'55" de Latitude Sul e 57°40'14" e 57°42'46" de Longitude Oeste;

(9) Facão – Sita no município de Cáceres, Mato Grosso, entre as coordenadas geográficas 16°08'48,09" a 16°10'30,38" de Latitude Sul e 57°34'13,02 a 57°44'27,27" de Longitude Oeste;

(10) Jacobina –Localiza-se no município de Cáceres, Mato Grosso entre as coordenadas geográficas 16°11'51,6" a 16°17'04,4" de Latitude Sul e 57°31'23,7" a 57°46'20,1" de Longitude Oeste.

2.2 Procedimentos metodológicos

O levantamento das informações referente às condicionantes geoambientais do complexo das sub-bacias hidrográficas (Salobra, Cachoeirinha, Taquaral, Piraputanga, Olhos d'água, Fontes, Sangradouro, Junco, Facão e Jacobina) foi realizado por meio de dados obtidos no Projeto RADAMBRASIL (1982), Embrapa, (2018), Secretaria de Estado de Planejamento de Mato Grosso (SEPLAN), Instituto de Pesquisa e Estatística (IBGE, 2019), além de trabalhos publicados que referenciam as características dos condicionantes ambientais analisados.

2.2.1 Construção da base cartográfica

Por meio do Sistema de Informação Geográfica (SIG), foram elaborados mapas e, assim, obtidas informações relevantes para o desenvolvimento deste estudo. O tratamento das imagens por intermédio dos *softwares* ArcGis® 10.6 possibilitou delimitar na área do complexo das sub-bacias os condicionantes ambientais: pedológicos, geológicos, geomorfológicos, de precipitação e climáticos. Para a elaboração dos mapas temáticos, foram utilizadas as bases de dados conforme disposto no Quadro 01:

Quadro 01: Aquisição da base de dados

Mapa temático	Base de Dados
Geologia	CPRM (2010) Projeto Geodiversidade
Geomorfologia	IBGE (2018)
Solos	Base vetorial IBGE (2018) padronização SiBCS
Precipitação	ANA (2018)
Clima	Imagem do SRTM Projeto Topodata (2011)

Fonte: Organizado pela autora (2023).

Os mapas temáticos foram confeccionados na escala de 1:650.000, mediante a base de dados com escala de 1:250.000. As bases de dados foram

trabalhadas, utilizando os métodos de georreferenciamento, segmentação e classificação, empregando o Software *Open Source Spring*® 5.2.7, disponível gratuitamente no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A delimitação das bacias hidrográficas foi realizada pelo método e função *ArcHidro*. A classificação de cores dos vetores (.shp) e o *layout* preliminar dos mapas foram elaborados com o *Software ArcGis* 10.2.1®.

As classes de solos que não constam no mapeamento, do complexo das sub-bacias, devido à limitação da escala, foram identificadas em trabalho de campo, por outros autores e foram citadas neste estudo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Caracterização ambiental

As sub-bacias Salobra, Cachoeirinha, Taquaral, Piraputanga, Olhos D'água, Fontes, Sangradouro, Junco, Facão e Jacobina formam um complexo de bacias hidrográficas que abrange uma área de 2.652,92 km² na margem esquerda do rio Paraguai no Pantanal mato-grossense conforme revela a Figura 01.

A rede de drenagem é composta por rios que nascem nas serras e vales da Província Serrana e seguem turbulentos por trechos com desníveis topográficos no alto curso. Após perder o controle estrutural, percorrem pela Depressão do Alto Paraguai, no médio curso, até atingir as Planícies e Pantanaís no baixo curso e desaguar na margem esquerda do rio Paraguai.

3.1.1 Geologia

A área que inclui as sub-bacias abrange vários tipos de formações geológicas, quais sejam: as Formações Araras Membro superior e inferior, Raizama, Diamantino, Bauxi, Puga, Depósitos Aluvionares, Formação Pantanal-fácies depósitos aluvionares e Pantanal fácies terraços aluvionares (Figura 02; Tabela 01).

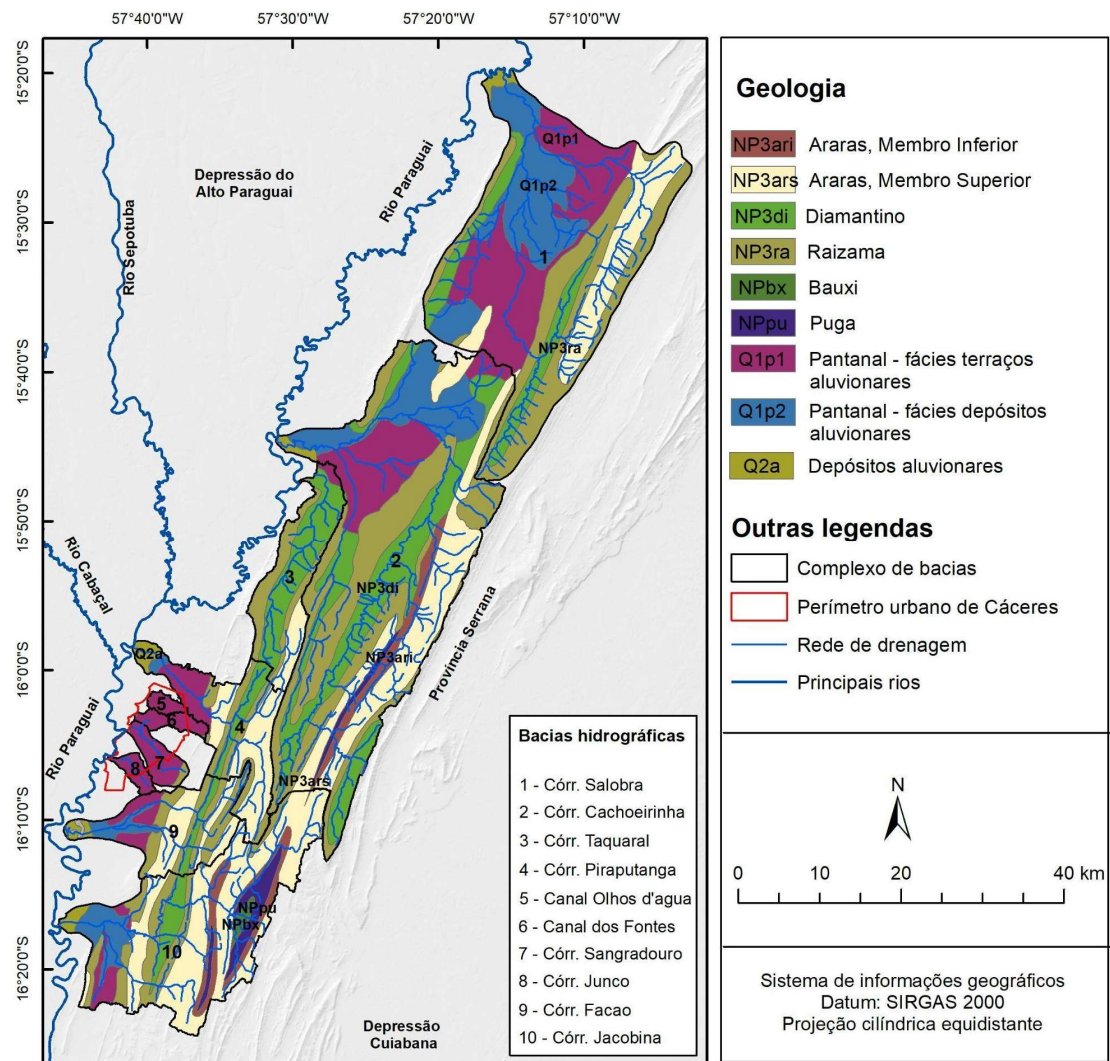


Figura 02: Mapa geológico das unidades de sub-bacias da margem esquerda do Rio Paraguai entre o município de Cáceres e Porto Estrela (MT). **Fonte:** A autora (2024) a partir dos dados do CPRM Geodiversidade (2010).

Tabela 01: Área de abrangência das unidades geológicas do complexo de sub-bacias

Unidade Geológica	Área (km²)
Araras, Membro Inferior	71,89
Bauxi	6,93
Araras, Membro Superior	463,44
Depósitos aluvionares	35,06
Diamantino	427,19
Pantanal – fácies depósitos aluvionares	307,77
Pantanal – fácies terraços aluvionares	460,97
Puga	30,86

Raizama

667,59

Fonte: Dados do CPRM Geodiversidade (2010), organizado pela autora (2024).

O complexo de sub-bacias está geologicamente representado por rochas que evidenciam processos deposicionais que datam do Pré-Cambriano Superior até os Aluviões com recente sedimentação do Quaternário (Radambrasil, 1982). As unidades litoestratigráficas que compõem as sub-bacias estão distribuídas entre o Grupo Alto Paraguai e o Grupo Cuiabá (CPRM, 2004).

O Grupo Alto Paraguai apresenta uma faixa de dobramentos arqueada na direção sudoeste/nordeste localizada na porção meridional do estado de Mato Grosso, destacando-se particularmente a região drenada pelo alto curso do rio Paraguai. É composta pelas Formações Araras, Raizama e Diamantino (Radambrasil, 1982), que apresentam importantes registros geológicos, evidenciando a complexidade tectônica e sedimentar da região.

O Grupo Cuiabá estende-se por toda a Depressão Cuiabana, situada entre a bacia sedimentar do Paraná e a Província Serrana. Nessa localidade, há a ocorrência de metassedimentos dobrados, que integra diversos eventos tectônicos, sedimentares, magmáticos e metamórficos relacionados ao ciclo Brasileiro, com as Formações Puga e Bauxi (CPRM, 2004). Na área de estudo, o Grupo Cuiabá abrange a área do alto curso sub-bacia Jacobina.

De acordo com o relatório do Radambrasil (1982), o Grupo Alto Paraguai é composto por um conjunto de rochas mais recentes quando comparadas ao Grupo Cuiabá. A datação estimada da Formação do Grupo Alto Paraguai é em torno de 570 milhões de anos (MA), enquanto o Grupo Cuiabá é datado em torno de 850 a 900 MA, ambos pertencendo ao Pré-Cambriano Superior.

Na Depressão Periférica do rio Paraguai, encontra-se a Formação Pantanal, que é subdividida em duas fácies principais: depósitos aluvionares, terraços aluvionares e Depósitos Aluvionares. As áreas mais elevadas, no baixo curso, não sujeitas a inundações periódicas, contrastam com as zonas rebaixadas, inundáveis constantemente (Radambrasil, 1982). A Formação Pantanal abrange as áreas do baixo curso da área de estudo.

3.1.1.1 Formação Bauxi

A Formação Bauxi ocupa 1,61% da área que corresponde ao alto curso da sub-bacia Jacobina. Nessa região, a quantidade de canais fluviais reflete uma condição mais favorável de drenagem na superfície, o que se deve à estrutura da rocha, que permite maior acúmulo de água na superfície (Radambrasil, 1982).

De acordo com o CPRM (2004), a Formação Bauxi foi subdividida por Figueiredo *et. al.*, em 1974, em dois membros: inferior e superior. O inferior é composto por sedimentos detríticos de metassiltitos, metargilitos e folhelhos bem finos e estratificados, metarcóseos (arenito com quantidade elevada de feldspato) e metagrauvacas (arenito de cor cinza rico em matriz argilosa) (CPRM, 2004). Diferentemente do arenito, os metassiltitos apresentam os poros menores, com maior propensão a conter uma frações significativas de argila, o que confere maior impermeabilidade ao terreno.

O membro superior, por sua vez, apresenta metarenitos ortoquartzíticos (95% dos grãos são de quartzo) e níveis conglomeráticos. Sua estrutura também agrega camadas de arenitos finos e siltito, arcóseo médio a grosso, lenticulares, unidades entre si (CPRM, 2004). Outra peculiaridade da Formação Bauxi é o fraco metamorfismo que apresenta, com dobras amplas e abertas (Radambrasil, 1982).

3.1.1.2 Formação Puga

A Formação Puga caracteriza-se por sua litologia predominantemente argilosa, arenosa, com aspecto maciço e ausência de estratificação aflorada (CPRM, 2004). No interior da rocha matriz, encontram-se paraconglomerados (fragmentos), contendo blocos e seixos de diferentes composições, como os gnaisses, quartzo, anfíbolitos, riódacitos, granitos e os filitos, sendo o calcário menos frequente (Radambrasil, 2000). O termo *diamictito* é empregado para conceituar a estrutura de rocha sedimentar composta de paraconglomerados /clastos.

A deposição da Formação Puga apresenta evidências geológicas de componentes glaciais, associado ao evento Varangiano/Marinoano (Piacentini, 2008). A sedimentação dessa formação ocorreu em um ambiente hidrotermal,

distal e misto, com a precipitação de fluidos ferríferos em sedimentos detríticos glaciais (Piacentini, 2008).

As rochas argilo-arenosa apresentam tonalidades acinzentada escura e marrom escura (Cardoso *et al.*, 2013). Os seixos presentes no interior da matriz rochosa têm formato triangular e são facetados (polidos) devido ao processo de abrasão glacial (CPRM, 2004).

A Formação Puga está localizada na região nordeste do alto curso da sub-bacia do córrego Jacobina, no município de Cáceres (Figura 02), representando apenas 7,18% da área total da sub-bacia.

3.1.1.3 Formação Araras

A Formação Araras estende-se por vastas áreas ao longo da direção nordeste-sudoeste dos dobramentos da Província Serrana, estando presente em seis das dez sub-bacias que compõem a área de estudo (Figura 02). Essa formação geológica abrange o alto curso dos rios, com predominância nas sub-bacias do córrego Piraputanga e Jacobina, onde ocupa uma porção significativa do território.

Por meio de uma abordagem histórica, foram analisados e publicados, no CPRM (2004), estudos relevantes sobre a Formação Araras. Nesse levantamento, as rochas foram estratigraficamente divididas em base (pelítico carbonático) e topo (dolomito). Essa definição foi inicialmente mantida por Luz, entre 1978 e 1980; porém, com base em análises litológicas, a estrutura rochosa foi subdividida em dois membros: superior e inferior (Radambrasil, 1982).

O membro inferior da Formação Araras é composto por rochas carbonáticas, constituídas por calcários pelíticos, calcíferos e margosos, com intercalações de siltitos e argilitos. No membro superior, ocorre a presença de dolomitos, intercalados com arenito, siltitos, argilitos calcário e calcíferos com níveis de sílex e concreções silicosas (CPRM, 2004).

Segundo Cambier (2011), as rochas carbonáticas são produzidas a partir de processos químicos, bioquímicos e aloquímicos, envolvendo a deposição e decomposição de organismos ricos em cálcio, como as algas, conchas, corais e

moluscos. O autor também destaca que essas rochas apresentam em sua formação importante ligação com a vida marinha.

A rocha calcária é vulnerável ao intemperismo químico, possibilitando a ocorrência de uma rede subterrânea. Esse processo de dissolução das rochas carbonáticas produz cavidades internas, contribuindo para a formação de uma estrutura cárstica, que pode apresentar formas típicas, tais como, vales cegos, paredões, cavernas, lapiás, dolinas, sumidouros e ressurgência (Ferreira; Silva, 2014).

Cardoso *et al.* (2013) reforçam que, apesar da escassez de água superficial nos terrenos cársticos, a drenagem subterrânea é evidenciada pelos inúmeros sumidouros e ressurgências ao longo dos leitos fluviais. Essa característica também foi observada por Cruz (2015) em seus estudos na bacia do córrego Facão, onde a autora identificou sumidouros no alto curso dos rios, além de outras feições comuns ao relevo cárstico, como cavernas, políes, úvula e dolinas. Santos (2013), ao estudar o alto curso da bacia do córrego Cachoeirinha, na Formação Araras, constatou a presença de pontos de ressurgências associados ao afloramento do aquífero.

A condição litológica exerce influência significativa no afloramento rochoso superficial do curso hídrico, uma vez que a dissolução e o transporte do calcário pela água contribuem para a composição do leito fluvial. Travassos (2019) explica que os depósitos químicos encontrados em cursos d'água rasos, manifestam-se na forma de depósitos acumulados em camadas sucessivas, resultando na formação de travertinos.

Esses afloramentos rochosos foram identificados nos rios das sub-bacias Cachoeirinha, Salobra, Facão, Jacobina, Sangradouro e Taquaral, todas abrangendo a Formação Araras. Além dos afloramentos rochosos, outra feição cárstica de grande destaque são as dolinas. Na área da bacia do córrego Piraputanga, ocorre a formação dessa estrutura, denominada “Dolina da Água Milagrosa” (Figura 03). Essas feições são formadas pelo abatimento e queda do teto das cavernas originando uma depressão no terreno.



Figura 03: Feição cárstica na sub-bacia do rio Piraputanga, denominado Água Milagrosa no município de Cáceres Mato Grosso. **Fonte:** Raymundi (2023); Dolina da Água Milagrosa.

3.1.1.4 Formação Raizama

A Formação Raizama apresenta uma estrutura litológica composta por arenitos ortoquartzitos, de tonalidade branca, com níveis conglomeráticos que alternam entre o arenitos feldspáticos e arcoseanos (branco, cinza claro, rosa, violácea), os quais possuem granulometria média com finas intercalações de folhelhos e siltitos (CPRM, 2004). A distribuição da Formação Raizama revela uma morfologia caracterizada pela presença de serras, morros e relevos tabulares e encostas escarpadas. É relevante destacar que as camadas rochosas compostas pelos arenitos resistentes formam uma sequência de dobras anticlinais e sinclinais.

A precipitação de sílica nos poros e fraturas do arenito inconsolidado resulta na formação de um cimento silicoso, processo de cimentação conhecido como *silicificação* (Araújo, 1992). Apesar de, frequentemente, apresentarem-se bem compactadas e silicificadas nas fraturas e falhas, em geral as rochas do arenito Raizama são consideravelmente friáveis, ou seja, a fragmentação ocorre com facilidade (Radambrasil, 1982).

Apesar da estrutura litológica da Formação Raizama contribuir à percolação da água, a condição do relevo em locais íngremes dificulta o processo de infiltração, resultando em uma menor ação do intemperismo nas

rochas e em uma maior remoção dos sedimentos na superfície. A declividade das serras e morros da Formação Raizama favorece a existência de uma drenagem fluvial composta por pequenos rios que descem pelas encostas, seguindo um padrão estruturado e encaixado nas rochas de arenito, presentes no alto curso das sub-bacias.

A ocorrência de paredões escarpados com leve inclinação nas encostas dos vales e serras é notável, apresentando conglomerados de arenito sob camadas estratificadas, conforme ilustrado na Figura 04. Um exemplo significativo desse paredão rochoso, aparece na Serra Gavião Real, situada na sub-bacia Piraputanga.

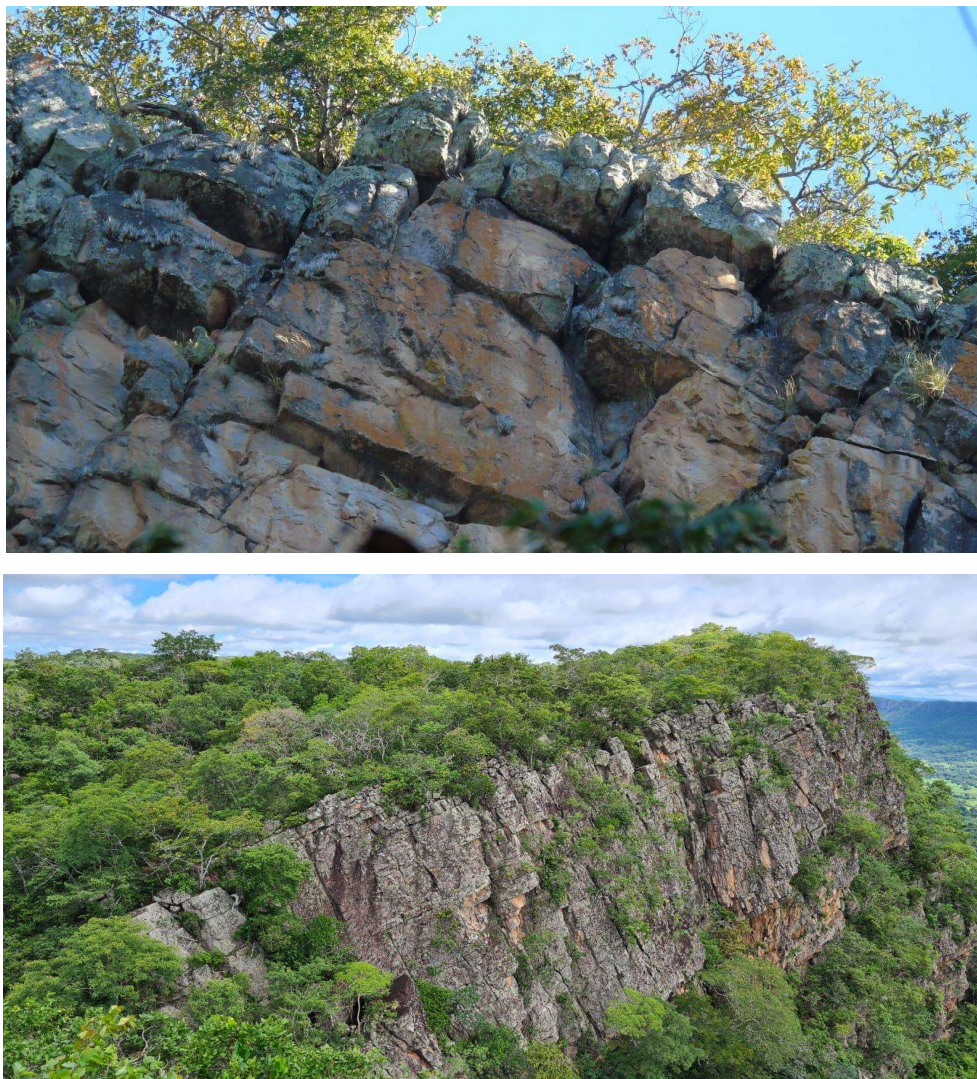


Figura 04: Paredão de Arenito no alto curso da sub-bacia Piraputanga em Cáceres, Mato Grosso. **Fonte:** Raymundi (2023) – Camadas estratificadas e sobrepostas de arenito; Formação Raizama.

Sob influência da declividade em regiões de dobras, o fluxo das águas em épocas de cheia flui com maior rapidez, resultando em erosão de fundo e das margens dos rios, além do transporte de sedimentos (Santos, 2021). Os depósitos de sedimentos e a formação de afloramentos rochosos no sentido transversal são formados ao longo do perfil longitudinal dos rios que abrangem o médio curso das sub-bacias do Piraputanga, Salobra, Cachoeirinha, Taquaral, Sangradouro, Jacobina e Facão. Essa dinâmica contribui para o barramento natural do fluxo em diferentes trechos, favorecendo a formação de corredeiras e pequenas quedas d'água.

A camada rochosa que compõe a Formação Raizama recobre o calcário da Formação Araras. Em contato superior, sobre a Formação Raizama, encontra-se a Formação Diamantino.

3.1.1.5 Formação Diamantino

A Formação Diamantino recobre a Formação Raizama, correspondendo à unidade do Grupo Alto Paraguai e aflorando no topo da Província Serrana (Alvarenga, 1988). No presente estudo, adota-se a classificação estabelecida pelo CPRM (2004), que reconhece ambas as formações (Diamantino e Sepotuba) como pertencentes a uma única estrutura nomeada por Formação Diamantino.

A estrutura rochosa na Formação Diamantino é composta por arcóseos calcíferos, na seção basal, enquanto no topo predominam folhelhos e siltitos calcíferos, finamente laminados, e maciços com intercalações subordinadas de arcóseo fino a muito fino (CPRM, 2004).

O arcóseo caracteriza-se como um arenito com quantidade significativa de feldspato. Os folhelhos, dispostos em lâminas finas, juntamente com os arcóseos finos e siltitos, apresentam coloração variada, incluindo tons de vermelho, marrons e cinza e são finamente interestratificados (Radambrasil, 1982).

No alto e médio curso do córrego Cachoeirinha, encontra-se o embasamento geológico da Formação Diamantino. Nas sub-bacias dos córregos Taquaral, Salobra, Piraputanga, Jacobina e Facão, esse embasamento está presente apenas no médio curso da rede hídrica, abrangendo uma área de

427,19 km² do complexo de sub-bacias (Tabela 01). Destaca-se que a rede de drenagem na Formação Diamantino apresenta densidade hídrica dos canais consideravelmente menor em relação às Formações Araras e Raizama. Isso se deve, em parte, à baixa permeabilidade da rocha na Formação Diamantino.

A rocha é constituída por sedimentos finos, bem compactados e espessos, com pacotes de siltitos, argilitos e folhelhos agrupados em camadas finamente estratificadas e bastante endurecidas (Radambrasil, 1982). A sequência de pelitos e a intercalação de lentes de arenitos em espessas camadas dificultam a percolação da água na rocha, facilitando o escoamento superficial.

Com uma espessura de 3.000 metros, a estrutura rochosa da Formação Diamantino também se mostra bastante compactada, o que torna o processo de infiltração de água por seus poros e o abastecimento subterrâneo mais lento (Alvarenga, 1988). A infiltração e a posterior deposição de argila nos arenitos são responsáveis pela redução da porosidade, seguida da compactação e cimentação (Caetano-Chang e Wu, 2003). Esses dois últimos processos são considerados os principais mecanismos de perda de porosidade em arenitos.

Santos e Souza (2018), em seus estudos no córrego Cachoeirinha, também observaram a influência da litologia da Formação Diamantino na rede de drenagem. Os autores acrescentam que a baixa permeabilidade e o diaclasamento dos folhelhos favorecem o aumento da densidade e da drenagem dos canais. Ademais, nas áreas em que essa formação ocorre no médio curso dos rios das sub-bacias Cachoeirinha, Taquaral, Salobra, Piraputanga, Jacobina, Facão, o relevo por apresentar suave inclinação, também favorece para a maior retenção de água.

A Formação Diamantino, além de manter contato por falhas com as formações Araras e Raizama, apresenta frequentes contatos com o Grupo Cuiabá e Formação Puga (CPRM, 2004). Assim, as rochas metassedimentares do Grupo Cuiabá, com idades Neoproterozóica, também contribuíram para a sedimentação da Formação Diamantino.

3.1.1.6 Formação Pantanal: Fácies–Depósitos Aluvionares, Fácies–Terraços Aluvionares, Depósitos Aluvionares

A Formação Pantanal é caracterizada por depósitos aluvionares recentes, constituídos de arenitos e argilas que ocorrem na região do Pantanal mato-grossense. Os sedimentos, de natureza arenosa e siltico-argilosa, com pouco cascalho, foram definidos por Almeida (1964) como depósitos de leques aluviais de talude e lateritos ferruginosos, de pequena espessura.

Os depósitos que compõem a Formação Pantanal, também incluem conglomerados, cuja existência decorre da removimentação da drenagem atual (Radambrasil, 1982). Durante os períodos de cheia, os sedimentos dessa formação são facilmente transportados, removidos e acumulados em diferentes segmentos da planície e do canal (Souza, 2004). Essa dinâmica acarreta modificações na paisagem, refletidas nas mudanças ao longo do sistema fluvial.

De acordo com o CPRM (2004), a Formação Pantanal pode ser subdividida em três fácies, quais sejam: Q1pc Pantanal – Fácies Depósitos Coluvionares; Q1p1 Pantanal – Fácies Terraços Aluvionares; Q1p2 Pantanal – Fácies Depósitos Aluvionares. Por meio do mapeamento geológico da área de estudo, foi possível identificar, no baixo curso das sub-bacias, as fácies Q1p1 e Q1p2, bem como a ocorrência de Q2a Depósitos Aluvionares (Figura 1).

As planícies de inundação ou várzeas, constituem a forma mais comum de sedimentação fluvial, resultado da deposição de aluviões e variados materiais dentro e fora do canal fluvial (Christofolletti, 1980). Souza *et al.* (2006) apontam que o planalto que circunda a Formação Pantanal influencia na sedimentação dessa unidade geológica, por meio de processos iniciados na Era Cenozoica.

Os terraços correspondem a antigas planícies de inundação que foram abandonadas. Por apresentarem em sua estrutura a deposição de sedimentos relacionados a essas antigas planícies, são denominados terraços aluviais (Christofolletti, 1980).

A fácies Terraços Aluvionares elevados, reconhecida como planície aluvial antiga, abrange várzeas que, devido à elevação, não são mais sujeitas a inundações. Essas áreas são compostas por sedimentos areno-argilosos, parcialmente inconsolidados e laterizados (CPRM, 2004). Em contrapartida, a fácies Depósitos Aluvionares é formada por sedimentos sub-recentes, de

natureza argiloso-siltico-arenosos e compreende à porção mais superficial (CPRM, 2004).

A deposição de sedimentos no sistema de drenagem fluvial resulta na formação de barras de pontal, acúmulo de sedimentos no centro do canal (barras de meio de canal) e depósitos de carga de fundo (Scherer *et al.*, 2000; CPRM, 2004). A distribuição desses sedimentos também pode alcançar a planície de inundação e áreas lacustres (Scherer *et al.*, 2000).

Segundo Assine (2003), na bacia pantaneira, o padrão distributário da drenagem está relacionado à redução topográfica, velocidade e profundidade da água. Neste processo, a diminuição da capacidade de transporte de sedimentos e leva à sedimentação da carga no canal, tornando o leito instável e suscetível a frequentes modificações, com acúmulo de sedimentos ao longo do perfil longitudinal; mudanças especialmente evidentes durante as grandes cheias.

No baixo curso das sub-bacias, verifica-se que, ao adentrarem na área de planície da Formação Pantanal, os canais apresentam gradativa redução na quantidade de afluentes e uma continuidade no padrão do canal, que permanece meandrante e divagante até a confluência com o rio Paraguai (Figura 01). Esse comportamento contrasta com os padrões subparalelos e assimétricos observados nas regiões do planalto.

3.1.2 Clima

Tendo como base o estudo do clima no estado do Mato Grosso, realizado pela SEPLAN (2000), o complexo de bacias abarcados neste estudo abrange dois tipos climáticos: Clima Tropical Megatérmico Sub-Úmido das Depressões e Pantanaís de Mato Grosso e Clima Tropical de Altitude Mesotérmico Quente da Fachada Meridional das Chapadas e Planaltos (Figura 5).

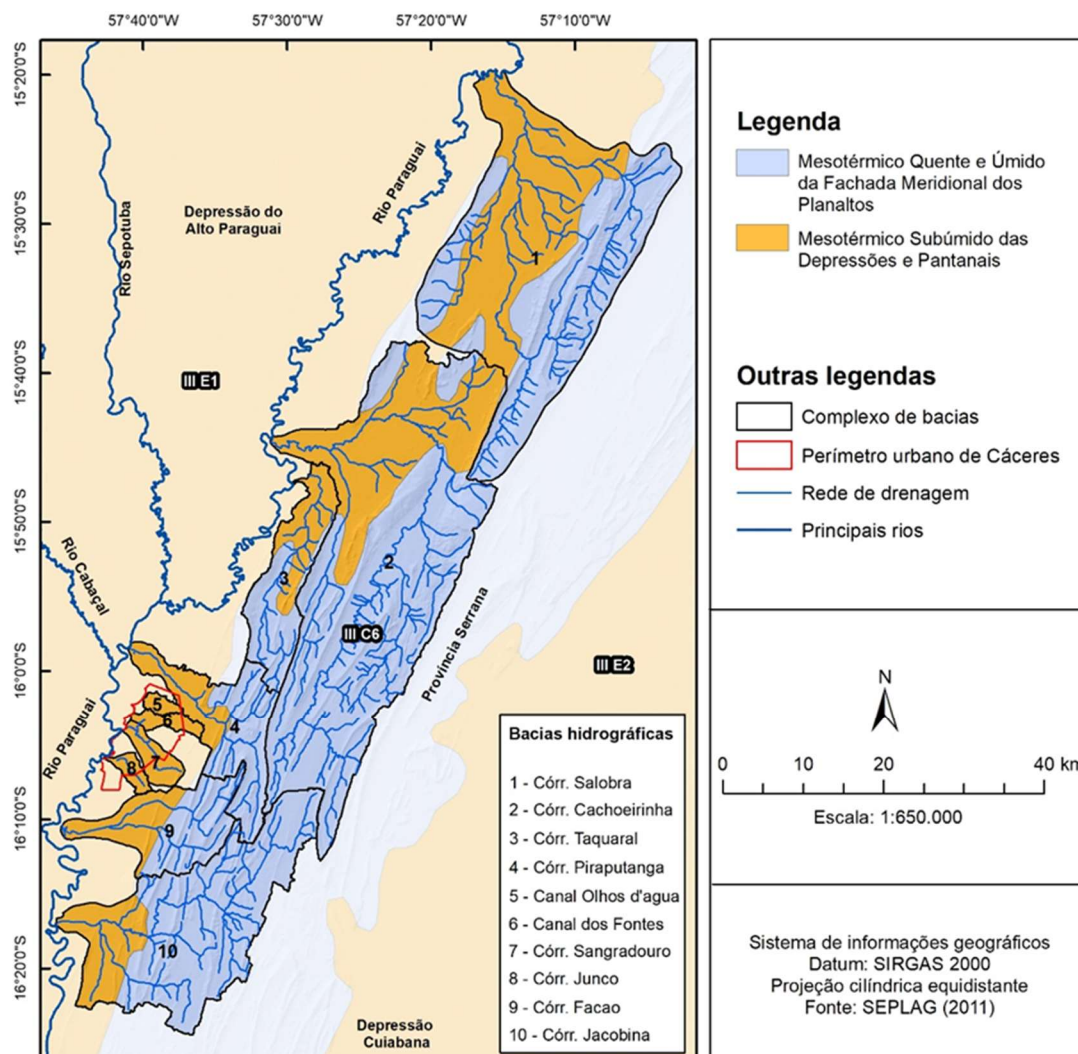


Figura 05: Mapa climático das sub-bacias hidrográficas, da margem esquerda do rio Paraguai nos municípios de Cáceres e Porto Estrela, Mato Grosso. **Fonte:** A autora (2024), a partir dos dados da ANA (2018).

A macrounidade de escala regional climática, constituída pelas bordas escarpadas que incluem o Alto Paraguai, é denominada “Tropical de Altitude Mesotérmico Quente da Fachada Meridional das Chapadas e Planaltos”. A altitude do relevo da Província Serrana, variando entre 300 a 700 metros, é considerada um fator significativo, nesse tipo de clima. Porém, um segundo fator preponderante é a acentuada declividade e o desnível altimétrico, que provocam a ascensão forçada das massas de ar, aumentando a instabilidade atmosférica (SEPLAN, 2000).

Esses fatores físicos, como a declividade e o desnível altimétrico presentes na Província Serrana, associados às condições climáticas, são fundamentais para a compreensão dos processos pluviais, atuantes nas bordas

das serras e morros dessa região. Além disso, tais elementos exercem influência direta sobre a formação e a dinâmica da rede de drenagem (Tarifa, 2011) (Figura: 06).

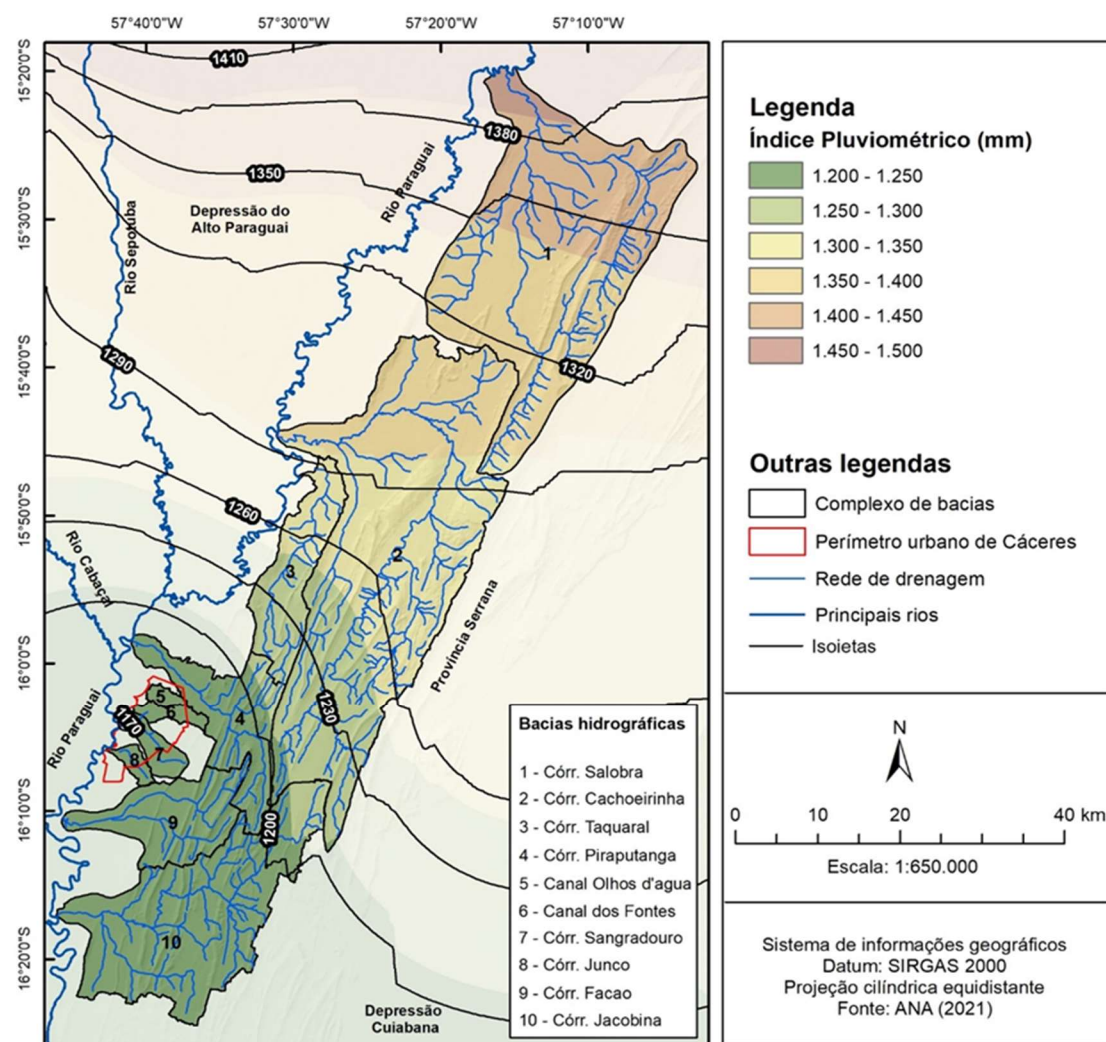


Figura 06: Precipitação anual das sub-bacias da margem esquerda do Rio Paraguai, nos município de Cáceres a Porto Estrela, Mato Grosso. **Fonte:** A autora (2024), a partir dos dados da ANA (2018).

Segundo Tarifa (2011), o estudo climático, realizado pelo governo (SEPLAN, 2000), revela que as áreas mais baixas (com altitudes entre 300 e 400 metros), são mais secas em comparação com as cristas e serras mais elevadas. Logo, a pluviosidade anual varia entre 1.400 a 1.600 mm, com um período de seca sazonal de quatro a cinco meses, compreendido entre junho a setembro/outubro). Nesse intervalo, há um excedente hídrico de pequeno a moderado, entre 400 a 800 mm, concentrado entre outubro a abril.

A orientação (NNE-SSW) da Província Serrana acentua a instabilidade dos fluxos continentais, provocando frequentes formações de nebulosidade, especialmente nas faces ocidentais e meridionais da província (SEPLAN, 2000).

Nas áreas mais baixas, o clima é classificado como Tropical Megatérmico Sub-Úmido, típico das depressões e pantanais de Mato Grosso. Segundo os estudos do Projeto de Desenvolvimento Agroambiental do Estado do Mato Grosso (SEPLAN, 2000), as características geográficas dessas regiões são elementos fundamentais na determinação desse tipo climático. SEPLAN (2000, p. 53) explica que:

Existe no território do Estado de Mato Grosso um conjunto de terras baixas (entre 80 a 300 metros) fortemente circundadas por relevos e topografias mais elevadas (entre 300 a 600 metros). Este caráter de descida forçada das principais correntes e descontinuidades atmosféricas dá origem a Unidades Sub-Úmidas, aqui denominadas IIIE. Estas realidades climáticas são áreas fortemente aquecidas em função das altitudes muito baixas (a maioria delas com altitudes inferiores a 200 metros) e também por serem muito planas, ou seja, depressões e planícies sazonalmente inundáveis (SEPLAN, 2000 p. 53).

Em razão das baixas altitudes, na área do baixo curso, a densidade do ar é elevada, resultando em maior pressão atmosférica e, conseqüentemente, em uma maior capacidade de armazenamento da radiação solar (Maitelli, 2005). Nessas condições, o aquecimento da superfície provoca elevadas perdas por evapotranspiração, diminuindo o volume de água excedente durante a estação chuvosa e acentua a deficiência hídrica (SEPLAN, 2000). Devido a essa característica sazonal, a Unidade Megatérmica Sub-úmida é definida pela presença de secas severas e por um excedente pequeno a moderado de água na estação chuvosa.

De acordo com relatório da SEPLAN (2000), nas altitudes entre 100 a 200 metros, a pluviosidade anual varia de 1.300 mm a 1.400 mm com aproximadamente oito meses de seca. Durante esse período, a deficiência hídrica é de 300 mm a 350 mm (entre abril e novembro) enquanto o excedente ocorre de janeiro a março, cujos valores oscilam entre 300 a 400 mm). O documento também destaca que qualquer oscilação climática, seja em meso

seja em macroescala, trará impactos significativos aos limites de abastecimento e demanda de água para as atividades socioeconômicas.

3.1.3 Geomorfologia

No complexo de sub-bacias estudadas, foram identificadas três unidades geomorfológicas: a Província Serrana (alto curso), a Depressão do Alto Paraguai (alto e médio curso) e as Planícies e Pantanaís Mato-grossenses (baixo curso) (Figura 07).

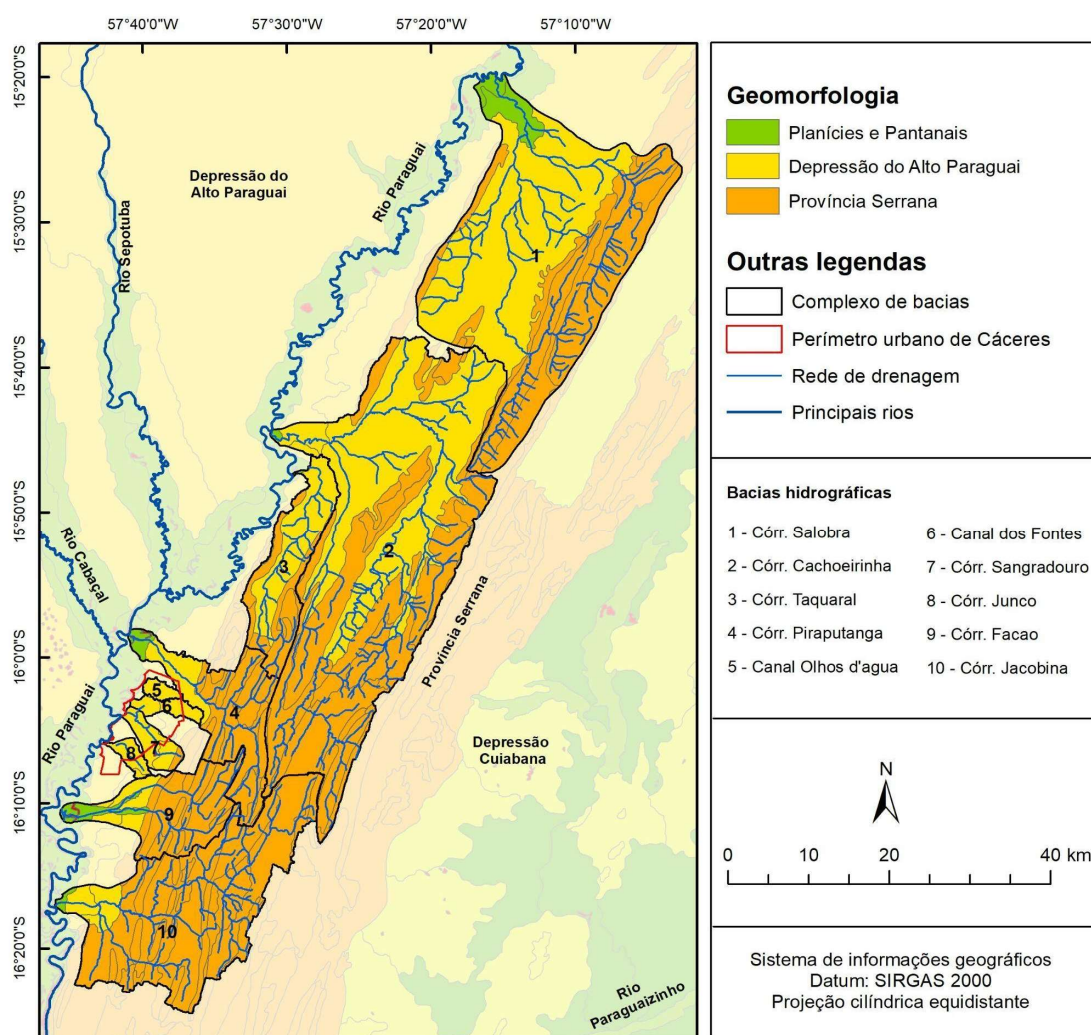


Figura 07: Mapa de Geomorfologia das sub-bacias da margem esquerda do Alto Paraguai nos municípios de Cáceres e Porto Estrela, Mato Grosso. **Fonte:** A autora (2024) a partir dos dados do IBGE (2018).

As serras e vales da Província Serrana ocupam uma extensão de 1.514,65 km² na área do complexo das sub-bacias. A Depressão do Alto

Paraguai abrange uma área de 1.072,27 km², enquanto as Planícies e Pantanaís apresentam 63,79 km².

3.1.3.1 Província Serrana

Entre as unidades geomorfológicas, a Província Serrana apresenta grande destaque, pois ocupa uma área expressiva no complexo das bacias hidrográficas. O dobramento do relevo é sua principal peculiaridade (Figura 08), caracterizado por uma sucessão de dobras anticlinais e sinclinais alongadas (Radambrasil, 1982).



Figura 08: Dobramento da rocha no relevo da Província Serrana. **Fonte:** A autora; Dobramento da Província Serrana localizado na sub-bacia Cachoeirinha.

A Província Serrana apresenta uma faixa de dobramento de aproximadamente 400 km de extensão e 40 km de largura, configurando-se como divisor de águas entre os rios Cuiabá e o Paraguai (Radambrasil, 1982). Nesse compartimento, os canais fluviais que compõem a rede de drenagem sub-bacias escoam sob influência da declividade e feições morfológicas, originando fluxos turbulentos, caracterizados pela presença de corredeiras e cachoeiras.

As rochas dobradas e falhadas evidenciam que toda a crosta esteve submetida a esforços, relacionados aos movimentos tectônicos, os quais se

manifestam na superfície e resultaram no soerguimento e formação das serras na Província Serrana.

De acordo com o CPRM (1978), a Província Serrana caracteriza-se por um relevo de cadeias dobradas em estágio de dissecação. O conjunto de serras paralelas de origem tectônica apresenta dobras alongadas em braquianticlinais e braquissinclinais extensas, formando um cinturão expressivo. Dentre essas serras, destacam-se a serra do Tombador, Araras e mais ao sul e sudeste as serras do Quilombo, Jacobina, Retiro, Facão, Boi Morto e Cachoeirinha com cotas variando entre 400 e 700 metros (CPRM, 1978).

Essas serras são formadas por escarpamentos que circundam vales escavados em arenito da Formação Raizama, em diferentes estágios de dissecação. Na porção central, emerge um relevo mamelonar, caracterizado por superfícies arredondadas, desenvolvidas nas rochas calcárias da Formação Araras (CPRM, 1978) (Figura 09).

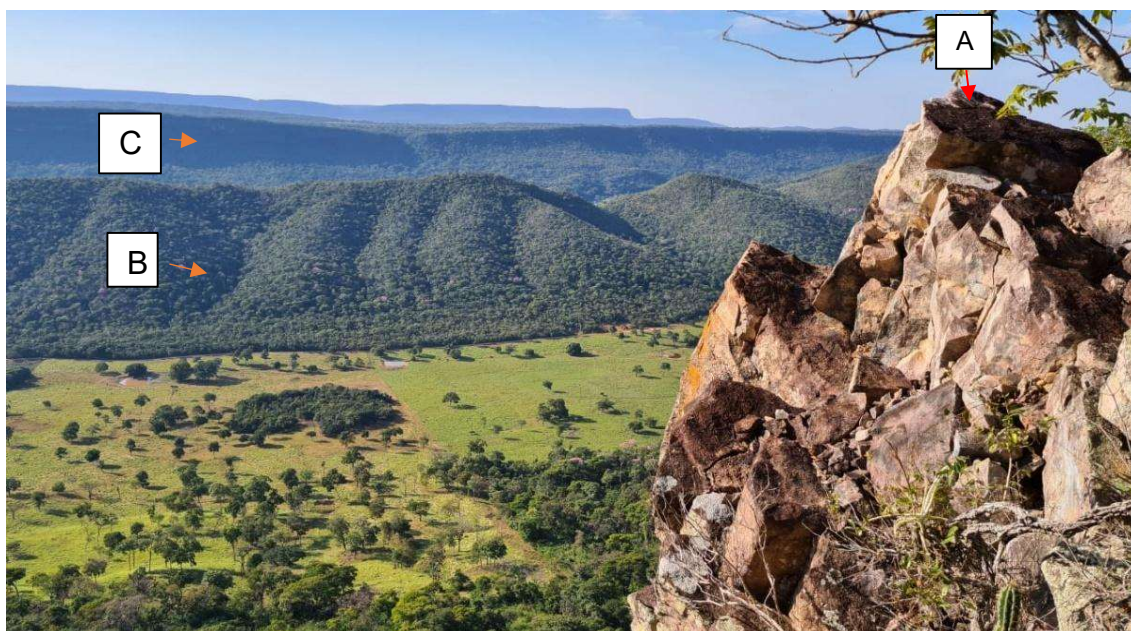


Figura 09: Vista da unidade geomorfológica da Província Serrana, na bacia hidrográfica Piraputanga, Cáceres Mato Grosso. **Fonte:** A autora (2022) (A) Arenito do penhasco Ponta do Morro, (B) Serra do Quilombo (C) Morro Grande.

Na localidade da sub-bacia do córrego Piraputanga, é possível identificar as principais serras, como as do Bebedouro, Facão, Morro Grande, Piraputangas, Pirizal, Pita, Canudo, Ponta do Morro, Primavera e Quilombo. A Figura 09 destaca o penhasco em arenito da serra Ponta do Morro, a serra do

Quilombo (composta de calcário) e, ao fundo, a serra Morro Grande e Chapola, ambas constituídas por arenito com estrutura alongada. Devido à acentuada declividade do relevo, o escoamento pluvial nas encostas da Província Serrana é rápido e turbulento, dificultando a infiltração de água no solo (Figura 10).



Figura 10: Vista da Província Serrana no período de estiagem. **Fonte:** A autora (2022). Observação: as setas vermelhas indicam locais com pouca absorção d'água na serra do Quilombo, devido ao rápido escoamento em área íngreme.

Nos trechos mais íngremes do relevo, como na serra do Quilombo a ausência de umidade é evidenciada pela aparência seca da vegetação. Muitas nascentes do complexo das sub-bacias estudadas afloram na Província Serrana, formando afluentes que escoam pelas encostas e vales, guiadas pela declividade do terreno. Dessa forma, a Província Serrana exerce um controle estrutural sobre a rede de drenagem, possibilitando que os cursos hídricos fiquem encaixados entre os vales. De acordo com Ross (1991), a Província Serrana é composta pelas litologias das Formações Araras, Raizama e Diamantino.

3.1.3.2 Depressão do Alto Paraguai

As depressões correspondem a áreas que anteriormente eram, em sua maioria, consideradas planícies. Porém, antes de serem designadas como Depressão do Alto Paraguai, Almeida (1959), já relacionava o contraste entre os planaltos e a área rebaixada, descrita por ele como Depressão Paraguaia.

Destaca, como principal distinção entre as duas formações, o intenso processo de erosão dos planaltos, em contraste com a depressão, considerada como ambiente de acumulação.

A Depressão do Alto Paraguai refere-se a uma área rebaixada, caracterizada por superfícies com poucos desníveis, apresentando suaves ondulações que margeiam os relevos elevados (Radambrasil, 1982). O relatório do Radambrasil (1982) indica que o relevo, pouco dissecado e cercado por vales sinclinais e anticlinais erodidos, varia de 120 a 300 metros e abrange uma vasta área drenada pelo alto curso do rio Paraguai e seus afluentes. Segundo Ross (1991), a origem da abertura da Depressão do Alto Paraguai, ocorreu ao longo do Cenozoico Superior, em fases alternadas de erosão e inundações. O autor esclarece que a Depressão do Alto Paraguai inclui litologias do pré-cambriano, que se encontram parcialmente encobertas por sedimentos quaternários da Formação Pantanal.

A abrangência dessa unidade geomorfológica é significativa na sub-bacia do córrego Salobra, que apresenta 53,18% da área, e na sub-bacia do Taquaral, com 57,48%. No entanto, a área ocupada pela Depressão do Alto Paraguai é ainda mais expressiva nas sub-bacias do Sangradouro (89,22%), Olhos D'água (99,89%), Junco (99,85%) e Canal dos Fontes (99,52%). Nesse compartimento geomorfológico, os canais assumem feições com reduzida sinuosidade, e a suave declividade na topografia, variando de 3% a 8%, conduz o fluxo hídrico até a confluência com o rio Paraguai.

3.1.3.3 Planícies e pantanais

As Planícies e os Pantanais constituem uma unidade geomorfológica formada por uma superfície pouco acidentada e normalmente plana, com baixa declividade (Figura 11). Nesses terrenos ocorrem periodicamente inundações, decorrentes do aumento das cargas pluvial e fluvial (Radambrasil, 1982).

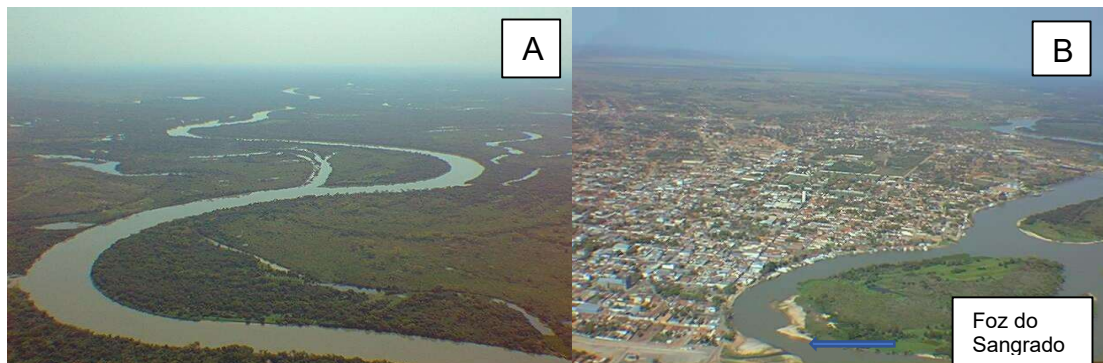


Figura 11: Vista aérea das Planícies e Pantanaís no município de Cáceres, MT
Fonte: Raymundi (2009) Legendas: (A) Planície de inundação do Alto Pantanal no município de Cáceres, MT; (B) Cidade de Cáceres, na margem esquerda do rio Paraguai, área de confluência entre a foz do córrego Sangradouro e o rio Paraguai na planície de inundação.

Os rios que nascem em áreas elevadas percorrem longas distâncias, atravessando distintas estruturas geológicas e geomorfológicas, até atingirem seu destino. Ao adentrarem na planície do Pantanal, ocorre a confluência com o rio Paraguai. Essa junção entre o rio e a planície de inundação (Figura 12) favorece o transbordamento, inundando as áreas de baixa declividade durante os períodos úmidos. Com o aumento do nível das águas do rio Paraguai, tanto a calha dos rios das sub-bacias na foz, bem como a planície de inundação, fica alagada.



Figura 12: Foz do córrego Junco: período de estiagem em julho (A) e úmido em janeiro (B) **Fonte:** A autora (2017). Legendas: (A) Trecho percorrido pelo córrego do Junco na Planície e Pantanaís antes de desaguar no rio Paraguai em sua foz; (B) Volume de água do rio Paraguai concentrada na planície de inundação.

Christofolletti (1980) explica que, durante os períodos de cheia, toda a área inundada integra o leito do rio, sendo a planície de inundação sendo constituída

pelas aluviões e sedimentos depositados tanto dentro quanto fora do canal fluvial. Durante a vazante, parte da carga detrítica é depositada de maneira gradual, conforme o nível das águas diminui e a velocidade do escoamento se reduz.

Nas Planícies e Pantanaís, predominam os processos de sedimentação de materiais coluviais, coluvio-aluviais e aluviais, oriundos das partes mais altas mais elevadas em torno dessas planícies (Radambrasil, 1982). A formação dessas regiões remonta à Era Cenozóica, com a deposição de sedimentos no Quaternário, caracterizando-se, portanto, como uma formação geológica recente.

Nos estudos realizados por Souza e Sousa (2014) sobre a bacia do Piraputanga, foi observada a formação de diques e meandros abandonados na confluência do córrego Piraputanga com o rio Paraguai, em áreas de inundações periódicas e a acumulação de sedimentos fluviais. Os sedimentos depositados nas planícies fluviais, bem como a dinâmica envolvida nesse processo, estão diretamente relacionados às contínuas mudanças nas feições morfológicas que caracterizam os pantanaís.

3.1.4 Pedologia

No complexo de sub-bacias, foram identificadas e classificadas as seguintes classes pedológicas (Tabela 02; Figura 13).

Tabela 02: Área de abrangência das classes pedológicas no complexo de sub-bacias.

Classes Pedológicas	Área em km ²
Cambissolos Háplicos	396,35
Plintossolos Argilúvicos	60,02
Gleissolos Háplicos	17,75
Latossolo Vermelho	249,74
Latossolo Vermelho –Amarelo	443,39
Argissolo Vermelho	262,2
Argissolo Vermelho Amarelo	243,66

Neossolo Litólico	955,71
Neossolos Flúvicos	17,97
Vertissolos Hidromórficos	3,17
Latossolo Vermelho Amarelo Petroplântico	-
Neossolo Quartzarênico	-
Neossolo Regolítico	-

Fonte: Dados do IBGE (2018); organizado pela autora (2024).

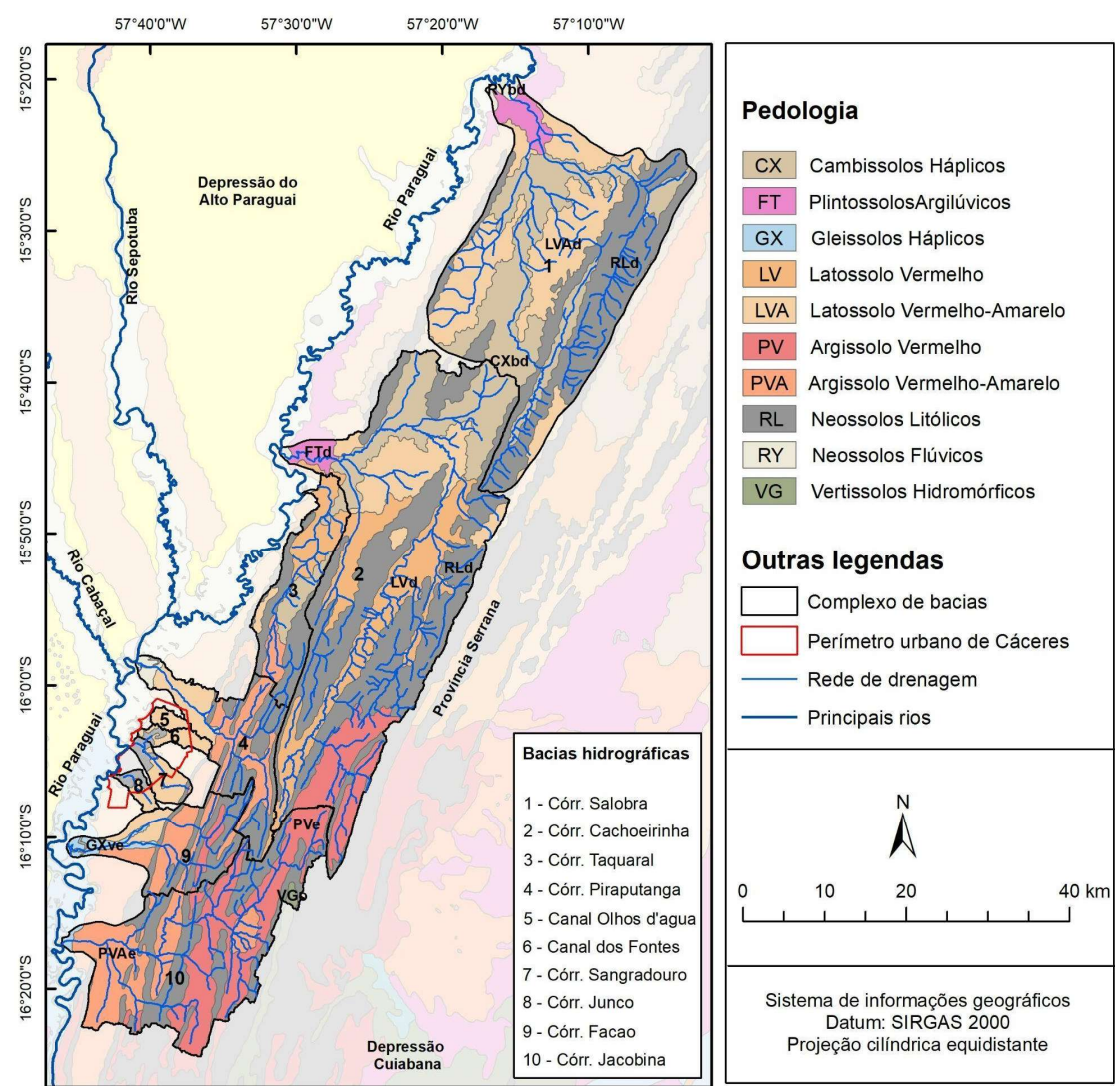


Figura 13: Mapa de solos das sub-bacia da margem esquerda do rio Paraguai, nos municípios de Cáceres e Porto Estrela, Mato Grosso. **Fonte:** Organização da autora (2024) a partir dos dados da base vetorial do IBGE (2018) padronização SiBCS 2018.

3.1.4.1 Cambissolo Háplico

Os Cambissolos ocupam uma área de 228,1 km² na sub-bacia do Salobra, 142,23 km² na sub-bacia Cachoeirinha, e 26,02 km² na sub-bacia do Taquaral (Figura 12). Esses solos, classificados como Cambissolos Háplicos, são característicos de relevos ondulados e considerados pouco desenvolvidos, apresentando um horizonte B incipiente. A incipiência é resultante do fato de o material subjacente ao horizonte A ter passado por alterações ainda pouco avançadas, porém o suficientes para o início do desenvolvimento de cor e estrutura. Esse horizonte pode conter, no máximo, menos da metade do volume do horizonte B incipiente, com sedimentos constituídos por fragmentos do material de origem ou não (Palmieri; Larach, 2012).

O limitado desenvolvimento do horizonte B incipiente é evidenciado pela relação silte/argila superior a um, pela relação molecular SiO₂/Al₂O₃ (ki) superior a 2,2 na fração de argila, pela presença de fragmentos da rocha matriz semi-intemperizados, e pela fraca estrutura, predominantemente subangular e, eventualmente, granular, com coloração avermelhada (Radambrasil, 1982).

O uso dos Cambissolos Háplicos requer cautela, especialmente devido às declividades que facilitam a erosão. Embora esses solos sejam frequentemente encontrados em relevos íngremes, também ocorrem em áreas planas (Leite, 2022). No alto curso das bacias Salobra e Cachoeirinha, os Cambissolos Háplicos são distribuídos em relevos ondulados, com declividades em torno de 20%, o que os torna mais suscetíveis à erosão. No médio e baixo curso, onde a declividade é mais suave e o relevo mais plano, a erosão do solo ainda ocorre, uma vez que escoamento rápido da água intensifica os processos erosivos. A formação de sulcos e ravinas é comum nesses solos, tornando indispensável a adoção de práticas conservacionistas (Leite, 2022).

3.1.4.2 Neossolo Litólico

Esse tipo de solo predomina no complexo de sub-bacias, ocupando uma área total de 955,72 km², distribuída nas sub-bacias dos córregos Cachoeirinha (381,97 km²), Salobra (258,62 km²), Taquaral (53,97 km²), Piraputanga (68,14 km²), Olhos D'água (0,01 km²), Fontes (0,03 km²), Sangradouro (1,35 km²), Facão (51,99 km²) e Jacobina (139,64 km²) (Figura 12). A distribuição do

Neossolo Litólico abrange o alto e médio curso das sub-bacias Cachoeirinha, Salobra, Taquaral, Piraputanga, Facão e Jacobina.

Os Neossolos Litólicos são considerados solos jovens, constituídos predominantemente por material mineral ou orgânico, com espessura de 20 cm. Trata-se de solos rasos, nos quais a soma dos horizontes sobre a rocha, não ultrapassa 50 cm. Caracterizam-se por seu limitado desenvolvimento e natureza pedregosa (EMBRAPA, 2018).

Na área em estudo, os Neossolos Litólicos encontram-se distribuídos nas serras e morros da Província Serrana, na qual o relevo varia de ondulado a fortemente ondulado. Por se tratar de um solo pouco evoluído, e encontrado em áreas de declividade acentuada, não apresenta aptidão para uso agrícola, sendo mais adequado para a preservação da fauna e flora locais.

3.1.4.3 Latossolos: Vermelho distrófico, Vermelho-Amarelo distrófico e Vermelho- Amarelo Petroplíntico

Os Latossolos Vermelho distrófico e Vermelho-Amarelo distrófico são típicos de regiões tropicais e encontram-se em avançado estágio de intemperismo. Considerados bem desenvolvidos do ponto de vista pedogenético, são solos antigos, com boa porosidade e baixa fertilidade, devido à lixiviação de bases (Oliveira *et al.*, 2021).

Esses solos apresentam uma distribuição homogênea de argila ao longo do perfil, matizes, avermelhadas e/ou amareladas, elevada estabilidade dos agregados e baixo teor de silte quando comparado à argila (Lima, 2017).

O Latossolo Vermelho está presente nas sub-bacias Cachoeirinha (208,82 km²), Taquaral (44,11 km²), Piraputanga (2,81 km²) e Jacobina (0,75 km²)², com maior destaque nas bacias Cachoeirinha e Taquaral, que abrigam as maiores extensões. Como revela a Figura 13, o Latossolo Vermelho distribui-se no médio curso das Depressões do Alto Paraguai, sob a litologia da Formação Diamantino e Raizama. Sua coloração vermelha resulta da formação de óxidos de ferro, como hematita e goethita, liberados pela alteração das rochas. estrutura rochosa.

Algumas características desse tipo de solo favorecem o desenvolvimento agrícola, como o relevo, que facilita a mecanização, além da profundidade e

porosidade, que propiciam o crescimento radicular. Contudo, existe a necessidade de correção química do solo devido à baixa fertilidade, acidez e ao reduzido teor de matéria orgânica (Andrade *et.al.*, 2020)

O Latossolo Vermelho-Amarelo predomina nas sub-bacias Salobra (235,79 km²), Cachoeirinha (105,05 km²), Taquaral (5,1 km²), Piraputanga (31,48 km²), Olhos D'água (8,57 km²), Fontes (13,36 km²), Sangradouro (18,96 km²), Junco (7,41 km²) e Facão (17,41 km²), totalizando 443,39 km². Nas sub-bacias Cachoeirinha, Taquaral e Piraputanga, ele se distribui no médio curso, enquanto nas sub-bacias Junco, Sangradouro, Olhos D'água e Fontes ocupa áreas de destaque no alto e médio curso (Figura 13).

A formação do Latossolo Vermelho-Amarelo ocorre na área das Formações geológicas Pantanal Terraços Aluvionares, Pantanal Depósitos Aluvionares e Raizama no relevo suave ondulado, característico da unidade geomorfológica da Depressão do Alto Pantanal. Essa estrutura litológica, associada à geomorfologia, favorece a formação de solos profundos, bem drenados, permeáveis e porosos, com boa uniformidade os horizontes (EMBRAPA, 2018). Tais características propiciam condições adequadas para o desenvolvimento radicular manejo agrícola, sendo o relevo plano e suave ondulado um fator adicional que favorece a mecanização (Oliveira *et al.*, 2020).

O Latossolo Vermelho-Amarelo Petroplíntico não consta no mapeamento (Figura 13), devido à escala utilizada, porém foi identificado em trabalho de campo por Tavares (2020). Segundo o autor, esse tipo de solo é bem drenado e apresenta aptidão restrita a lavouras de ciclo curto e/ou longo nos níveis A, B e regular no C, com limitações derivadas da baixa fertilidade natural e do predomínio de sedimentos arenosos. Essa classe está presente no médio curso da bacia Piraputanga.

3.1.4.4 Argissolo Vermelho eutrófico e Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico

De acordo com a Embrapa (2018), os Argissolos são caracterizados por uma nítida separação entre cor, profundidade e textura, sendo considerados bem estruturados. O relatório também destaca como principal atributo desses solos a presença do horizonte B textural (Bt), que é moderada a fortemente ácido, com saturação por bases variando de alta a baixa.

Esses solos são predominantemente cauliniticos (coesos e típicos de áreas tropicais), com uma relação molecular K_i , variando entre 1,0 a 3,3 (EMBRAPA, 2018). Na classificação dos Argissolos, outros critérios são considerados em sua definição, como a inexistência de um horizonte plíntico ou glei, não acima ou coincidindo com a parte superior do horizonte Bt.

O horizonte A superficial varia de arenoso a argiloso, enquanto o horizonte Bt é predominantemente argiloso, com formação de blocos subangulares. A translocação de argila dos horizontes A e/ou E para o horizonte B, com acúmulo de argila em profundidade, é uma característica marcante (Campos *et al.*, 2012).

O Argissolo Vermelho eutrófico ocupa uma área de 87,10 km² do alto curso da sub-bacia do córrego Cachoeirinha. Na sub-bacia do córrego Facão, essa classe de solo cobre uma faixa de 12,42 km², enquanto na sub-bacia do córrego Jacobina na sua distribuição é mais ampla, abrangendo 162,68 km² da área no alto curso.

Esse tipo de solo apresenta teores significativos de óxido ferro, presentes no material originário, fato que contribui com a matiz 2,5YR, conferindo uma coloração avermelhada nos primeiros 100 cm do horizonte Bt. Com uma saturação por bases $\geq 50\%$, o Argissolo Vermelho eutrófico é considerado fértil. Sua ocorrência em relevos ondulados ou em áreas com menor declividade, favorece a mecanização (EMBRAPA, 2018).

O Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico está bem distribuído no médio e baixo curso da bacia Jacobina, ocupando uma área de 120,88 km². Além disso, essa classe de solo também está presente no médio e baixo curso da sub-bacia do Córrego Facão (51,28 km²) e no alto curso das sub-bacias Piraputanga (56,7 km²), Taquaral (14,32 km²) e o Sangradouro, onde ocupa uma faixa estreita de 0,48 km².

Quanto à profundidade, esses solos podem variar de profundos a pouco profundos, com drenagem moderada a bem drenada, localizando-se em áreas de relevo suavemente ondulado (EMBRAPA, 2018).

3.1.4.5 Vertissolos Hidromórficos órticos

Essa classe de solo ocupa apenas 3,17 km² no alto curso da sub-bacia Jacobina, onde predomina a unidade geomorfológica da Província Serrana.

Entre os critérios relevantes para a definição do Vertissolo, destaca-se o teor de argila. Para que essa classe de solo seja caracterizada como tal, a mistura e homogeneização do sedimento nos primeiros 20 cm devem conter, no mínimo, 30% de argila; logo, o horizonte vértico tem que ser obrigatoriamente argiloso.

Outro aspecto fundamental na definição dos Vertissolos é a presença de fendas verticais no período seco, que precisam ter, no mínimo, 1 cm de largura e atingir profundidades superiores a 50 cm de profundidade (EMBRAPA, 2018).

Os Vertissolos Hidromórficos órticos são classificados como hidromórficos devido à sua formação em ambientes com excesso de água, em um ambiente redutor. Apresentam horizonte Glei entre os primeiros 50 cm ou entre 50 cm e 100 cm de profundidade (EMBRAPA, 2018).

3.1.4.6 Plintossolo Argilúvico

O Plintossolo Argilúvico ocupa áreas de várzea, com relevo plano ou suavemente ondulado, sendo incomum sua ocorrência em regiões áreas onduladas de terrenos depressivos. Na área de estudo, é possível encontrar essa classe de solos nas baixadas (Figura 13) do curso inferior das sub-bacias Salobra (28,17 km²), Cachoeirinha (16,36 km²), Olhos D'água (0,14 km²), Fontes (3,06 km²), Sangradouro (6,73 km²) e Junco (5,36 km²).

Os Plintossolos pertencem à categoria de solos hidromórficos com horizonte plíntico. O caráter classificatório argilúvico refere-se ao gradiente textural, que apresenta um horizonte A mais arenoso e um horizonte B com concentração expressiva de argila, sendo este último caracterizado pela presença abundante de manchas (Figura 14).



Figura 14: Características visuais do Plintossolo Argilúvico localizado na sub-bacia do rio Junco, Cáceres Mato Grosso. **Fonte:** Sub-bacia do Junco; Raymundi 2017.

As condições que definem o horizonte plântico nessa classe, é iniciar dentro de 40 cm ou 200 cm de profundidade. Caso se inicie a 200 cm, deve antepor o horizonte glei ou estar situado logo abaixo dos horizontes A ou E, podendo ocorrer em estruturas que apresentem cores pálidas, variegadas (várias cores) ou mosqueadas (manchadas). Representam solos bem diferenciados, visto que o horizonte A pode ser de qualquer tipo, tendo sequência de horizontes A, AB seguidos de Bt, Bw, Bi, C ou F ou horizontes seguidos de Bt, C ou F (EMBRAPA, 2018).

3.1.4.7 Gleissolo Háptico

O Gleissolo Háptico desenvolve-se em áreas que receberam sedimentos recentes do Quaternário, oriundos das partes mais elevadas da paisagem. Ocupa regiões deprimidas dos terrenos de várzea, sujeitas a inundações, especialmente nas margens de curso de água. No complexo de sub-bacias, o Gleissolo Háptico abrange o baixo curso do córrego Facão, cobrindo uma área de 14,87 km², do córrego Jacobina, com 2,87 km², e Junco, com 0,01 km² (Figura 13).

Esse tipo de solo compreende formações hidromórficas com sequência de horizontes, comumente, A ou H e horizonte glei (Cg) ou ainda A, B incipiente glei (Big) e Cg (Palmieril; Larach, 2012). Os autores explicam que o horizonte A

superficial apresenta coloração preta, com elevados teores de matéria orgânica e espessura variando entre 10 a 30 cm.

Solos saturados por água apresentam cor acinzentada, azulada ou esverdeada resultado da redução e solubilização do óxido de ferro III (Fe_2O_3) para óxido de ferro II (FeO). No horizonte Glei, de coloração cinzenta, podem ocorrer mosqueados amarelados e avermelhados, decorrentes dos processos de oxi-redução devido às oscilações do lençol freático (EMBRAPA, 2018).

3.1.4.8 Neossolos Flúvicos

Os Neossolos Flúvicos foram identificados nas sub-bacias do córrego Salobra (8,35 km²), Cachoeirinha (1,78 km²), Piraputanga (7,15 km²), Olhos D'água (0,01 km²), Fontes (0,08 km²) e Sangradouro (0,01 km²). Em sua constituição o horizonte A, assenta-se sobre camadas de diferentes horizontes Cs (C, C, C,) e apresenta caráter flúvico nos 150 cm de profundidade, a partir da superfície do solo. As camadas depositadas, durante as inundações, encontram-se estratificadas, com predominância de areia (Sousa *et al.*, 2015)

A heterogeneidade dos materiais originários depositados faz com que as camadas desenvolvidas variem em espessura e granulometria ao longo do perfil do solo. A formação dos Neossolos Flúvicos é influenciada pela deposição dos sedimentos aluvionares ou colúvio-aluvionares, ao longo do tempo, sem um processo pedogenético contínuo (EMBRAPA, 2018).

A área de estudo, contempla ambiente propício para a formação dessa classe de solos nas Planícies e Pantanaís, com várzeas sujeitas a inundações e deposição sedimentar. No baixo curso dos córregos Salobra, Cachoeirinha, Piraputanga, Olhos D'água, Fontes e Sangradouro, destacam-se as formações de Neossolos Flúvicos.

Outro solo não identificado no mapeamento pedológico da área de estudo foi o Neossolo Regolítico. Esse tipo de solo foi identificado sobre as serras e morros da Província Serrana por Santos (2021), durante seus estudos de campo na bacia do córrego Cachoeirinha.

O Neossolo Regolítico, identificado na área de estudo, é considerado por horizonte A moderado, com textura franco-argiloarenosa. Devido à sua baixa evolução, apresenta-se pedregoso e rochoso. De acordo com as observações

de Santos (2021), o horizonte A possui 15 cm de profundidade, estrutura fraca, muito pequena a média, com blocos subangulares. O material de origem encontra-se fragmentado no horizonte R.

A área não apresenta boas condições para o desenvolvimento de cultivos em função da altitude, desnível topográfico e pouca profundidade do solo. Essa conjunção de fatores torna a área preservada, com vegetação composta por gramíneas e árvores de pequeno porte.

3.1.4.9 Neossolo Quartzarênico

O Neossolo Quartzarênico não foi identificado no mapeamento devido à proporção da escala apresentar grande dimensão; porém, Tavares (2020), em trabalho de campo, constatou a presença dessa classe de solo no baixo curso da sub-bacia Piraputanga.

O Neossolo Quartzarênico corresponde a solos originados de materiais geologicamente enriquecidos por sedimentos de quartzo, formados pela decomposição de arenito, quartzito e depósitos sedimentares recentes (EMBRAPA, 1999). Sua principal característica é apresentar textura arenosa do horizonte A ao C e ausência de horizonte B, uma vez que a quantidade de silte e argila é inferior a 16%. Morfologicamente o Neossolo Quartzarênico se assemelha com o Latossolo Vermelho-Amarelo em termos de coloração e a distinção entre ambos é verificada pela textura arenosa.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O complexo de sub-bacias é geologicamente composto por rochas que datam do Pré-Cambriano Superior até os aluviões com recente sedimentação do Quaternário. No alto curso, as nascentes dos rios afloram formando uma rede hídrica que percorre rochas sedimentares, estruturadas pelo arenito da formação Raizama e pelo calcário da formação Araras.

A espessa camada de folhelhos e siltito da Formação Diamantino dificulta a percolação da água, tornando os rios mais densos ao longo do curso hídrico nessa formação. No baixo curso, os rios adentram a Formação Pantanal onde tem início o processo de deposição dos sedimentos nas áreas de Depósitos Aluvionares, estando diretamente relacionado à dinâmica do rio Paraguai.

O complexo de sub-bacias abrange dois tipos climáticos: o primeiro é o “Tropical de Altitude Mesotérmico Quente da Fachada Meridional das Chapadas e Planaltos”, caracterizado por altitude e forte declividade, com índices pluviométricos variando de 1.400 a 1.600 mm. Há um período de seca estacional de quatro a cinco meses (junho a setembro-outubro) e um excedente hídrico de pequeno a moderado, entre 400 a 800 mm, com duração entre outubro a abril. O segundo tipo climático, “Tropical Megatérmico Sub-Úmido das Depressões e Pantaneais de Mato Grosso,” ocorre nas baixas altitudes, com menor pluviosidade, oito meses de seca, (abril a novembro) e um excedente de 300 a 400 mm, concentrado entre janeiro e março.

A estrutura geomorfológica encontrada nas sub-bacias está subdividida em três unidades: Província Serrana, Depressão do Alto Paraguai, Planícies e Pantaneais. Ocupando a maior extensão nas bacias, a Província Serrana apresenta dobramentos do relevo, falhas, superfícies dissecadas, serras e vales anticlinais e sinclinais. As dobras e falhas resultam de movimento geotectônico que originaram os cinturões orogenéticos.

A Depressão do Alto Paraguai corresponde a uma área rebaixada, com poucos desníveis, suaves ondulações pouco dissecadas margeando os relevos elevados, variando entre 120 e 300 metros de altitude. Essa área é drenada pelo Rio Paraguai e seus afluentes, com litologia composta por rochas do Pré-Cambriano e os sedimentos recentes cobertos pela Formação Pantanal.

Em relação aos solos, os estudos indicam que o Cambissolo Háplico e o Neossolo Litólico são encontrados no alto curso, em relevos ondulados e acidentados nas encostas rochosas. O Latossolo é amplamente distribuído nas sub-bacias Salobra e Cachoeirinha, Junco, Sangradouro, Fontes e Olhos D’água, entre o alto e médio curso. Nas porções sul e sudeste da área de estudo, o Argissolo se destaca, sendo expressivo nas sub-bacias Jacobina, Piraputanga, Facão, Taquaral e na porção sudeste da bacia Cachoeirinha. No baixo curso das bacias Salobra e Cachoeirinha, os Plintossolos Argiluvicos são predominantes. O Gleissolo Háplico, Neossolo Flúvico estão distribuídos nas áreas do baixo curso próximo, próximas à foz das demais sub-bacias hidrográficas.

No mapeamento pedológico do complexo de sub-bacias, não constam os solos Neossolo Quartzarênico, Neossolo Regolítico, e o Latossolo Vermelho-Amarelo Petroplíntico; contudo, essas classes foram identificadas por meio de

trabalhos de campo de outros autores. O Neossolo Quartzarênico foi encontrado no baixo curso da sub-bacia Piraputanga, o Neossolo Regolítico foi identificado sobre as serras e morros da Província Serrana, na sub-bacia Cachoeirinha, e o Latossolo Vermelho-Amarelo Petroplântico foi identificado na área do médio curso da sub-bacia Piraputanga.

5. REFERÊNCIAS

- ANDRADE, C. A. O.; SILVA, G. C.; CORRÊA, M. C.; COLLIR, L. S.; CORRECHEL, V. Condutividade hidráulica e atributos físicos de um Latossolo Vermelho sob sistemas de manejo no Cerrado Goiano. **Agrarian**, Dourados, v.13, n. 49, p. 385-392, jun 2020. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/agrarian/article/view/9519/5911> Acesso em: 28/07/2024.
- ANTUNES, R. L. S.; ANTUNES, A. S.; SILVEIRA, T. S.; ROSS, J. L. S. Influência dos aspectos climáticos nas paisagens naturais na bacia hidrográfica do Rio Botucaraí/RS. In: COSTA, L.R.F. (Org.). **Geografia física: estudos teóricos e aplicados**. Ponta Grossa PR: Editora Atena, 2020. p.13-21.
- ALMEIDA, F. F. M. **Geologia do centro-oeste mato-grossense**. Rio de Janeiro: ed. SERGRAF do IBGE, 1964 p.137.
- ALMEIDA, F. F. M.; LIMA, M. A. **Planalto Centro Ocidental e Pantanal Mato-Grossense Guia de Excursão nº 1, realizado por ocasião do 18º. Congresso Internacional de Geografia**. Rio de Janeiro, Conselho Nacional de Geografia, 1959. Disponível em: <https://buscaintegrada.ufrj.br/Record/aleph-UFR01-000008024>. Acesso em: 28 de nov. 2023.
- ARAÚJO, A. G. M. As propriedades físicas dos arenitos silicificados e suas implicações na aptidão ao lascamento. **Rev. Do Museu de Arqueologia e Etnologia**. São Paulo, v.2. p.63-74, 1992. Disponível em: [file:///C:/Users/veron/Downloads/criska,+6+ARA%C3%9AJO,+A.+G.+de+M.+As+propriedades+f%C3%ADsicas+dos+arenitos+silicificados+e+suas%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/veron/Downloads/criska,+6+ARA%C3%9AJO,+A.+G.+de+M.+As+propriedades+f%C3%ADsicas+dos+arenitos+silicificados+e+suas%20(1).pdf) . Acesso em: 22 de nov. 2022.
- ASSINE, M. L. L. **Sedimentação na bacia do Pantanal Mato-Grossense, Centro Oeste do Brasil**. 2003, 105 p. Tese (Livre-docência em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro SP, 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/34004080_Sedimentacao_na_Bacia_do_Pantanal_Mato-Grossense_Centro-Oeste_do_Brasil . Acesso em: 24 de nov. 2023.

ALVARENGA, C. J. S. Turbiditos e a glaciação do final do Proterozóico superior no cinturão paraguaio Mato Grosso. **Revista brasileira de geociência**. Cuiabá MT v.18 p. 323 – 327 setembro 1988. Disponível em: <http://bjg.siteoficial.ws/1988/n3/alvarenga.pdf> . Acesso em: nov. 2022.

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**. 2016, 157f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Estado do Mato Grosso, Cáceres MT, 2016.

CAMBIER, P. M. M. G. **Simulação computacional tridimensional da formação e evolução de plataformas carbonáticas**. 2011, 105f. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Puc-Rio. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/colecao.php?strSecao=resultado&nrSeq=18298@1>. Acesso em: nov 2023.

CAMPOS, M. C. C.; RIBEIRO, M. R.; JÚNIOR, V. S. S.; FILHO, M. R. R.; ALMEIDA, M. C. Topossequência de solos na transição Campos Naturais-Floresta na região de Humaitá Amazonas. **ACT AMAZONICA**, v.42, n.3, p.387-398, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/K6pgFvD7xZG4rZsGPSz3q3J/?format=pdf&lang=pt> .Acesso em: 26 de nov. 2023.

CARDOSO, C. L.; MELLO, S. L.; MELO; E. S. Contribuição para estudo dos aspectos cársticos da Província Serrana de Cáceres-MT. *In*: Congresso brasileiro de espeleologia 32º julho 2013 Barreiras-BA, **Anais** Barreiras-BA: Sociedade Brasileira de Espeleologia julho 2013, p. 11-14 Disponível em: https://www.cavernas.org.br/wp-content/uploads/2021/07/32cbe_253-260.pdf . Acesso em: 24 nov. 2023.

CAETANO-CHANG, M. R.; WU, Fu Tai, Diagênese de arenitos da Formação Piramboia no Centro-leste paulista. **Geociências**, São Paulo v. 22, N. Especial, p. 33-39, 2003. Disponível em: http://revistageociencias.com.br/geociencias-arquivos/22_especial/3.PDF . Acesso em: 22 nov. 2023.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo, SP: Editora Blucher, 1980. CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Projeto Província Serrana- Texto e Anexos I, II e III Relatório Final**. (Org.) José Luiz da Silva. Goiânia: CPRM, 1978.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso**. (Orgs.) Joffre Valmório de Lacerda Filho, Waldemar Abreu Filho, Sidney Rodrigues Valente, Cipriano Cavalcante de Oliveira e Mário Cavalcanti Albuquerque. Goiânia: CPRM, 2004.

CRUZ, J. S. **Ordenamento territorial urbano e suas implicações nos canais de drenagem em Cáceres, Mato Grosso**. 2013. 114 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais universidade do Estado do Mato Grosso, Cáceres, MT 2013.

CRUZ, J. S. B. **Caracterização Ambiental ocupação e uso da terra e Dinâmica fluvial na Bacia hidrográfica do Córrego Facão no município de Cáceres.**, 100f. Dissertação (Mestrados em Geografia), Faculdade de Ciências Humanas, Universidade do Estado do Mato Grosso, Cáceres, MT, 2015.

CUNHA, Sandra Baptista. Canais fluviais e a questão ambiental. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Org.). **A questão ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: ed. Bertrand Brasil, 2012 p.219 – 238.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Solos. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018.

FARIAS, A.B. **Morfometria, aporte de sedimentos e fragilidades ambientais na Sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral, Cáceres -Mato Grosso**. 2019, 140f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Faculdade de Ciências Humanas, Universidade do Estado do Mato Grosso, Cáceres, MT 2019.

FÉLIX, E. **Morfologia, morfometria e dinâmica fluvial Como subsídio para o planejamento dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Cabaçal**. 2018, 167f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Geografia, Universidade do Estado do Mato Grosso, Cáceres, 2018

FERREIRA, Daniel Kim; SILVA, Sebastião Milton Pinheiro da. Delimitação de afloramentos de calcários da Formação Jandaíra utilizando dados LANDSAT 7/ETM+. **Sociedade e Território**, Natal, v. 26, n. 2, p.31-43, juh/dez 2014. Disponível em: [file:///C:/Users/veron/Downloads/silvestre,+DELIMITA%C3%87%C3%83O+DE+AFLORE+AM+\(FERREIRA+&+SILVA,+2014\)+230414+p.+31+-+43%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/veron/Downloads/silvestre,+DELIMITA%C3%87%C3%83O+DE+AFLORE+AM+(FERREIRA+&+SILVA,+2014)+230414+p.+31+-+43%20(2).pdf) . Acesso em: 22 nov. 2022.

FRANCO, A. C. V.; SANTO, M. A. D. Contribuição da morfometria para estudo das inundações na sub-bacia do rio Luiz Alves/SC. **Mercator**, Fortaleza, v. 14, n.3, p 151-167, set./dez. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/mercator/a/LrLnmX9GcQTHmbwM7ZZ6cwq/?format=pdf&lang=pt> . Acesso em: 08 mar. 2023.

GUERRA, A. J. T. **Novo Dicionário Geológico Geomorfológico**. Rio de Janeiro, ed. Bertrand Brasil, 2011.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T. CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro. Ed. Bertrand Brasil, 2015. p. 149 – 209.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Províncias estruturais, compartimentos de relevo, tipos de solos e regiões fitoecológicas**. IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro, 2019.

JESUS, C. R.; SANTOS, I. R. S.; SOUTO, R. N. V. Estudo da relação entre a apropriação do cerrado e os condicionantes geoambientais na bacia hidrográfica do rio Tenente Amaral - MT. **Ambiência Guarapuava (PR)** v. 13 n. 2 p. 486-502 mai./ago. 2017; Disponível em: [file:///C:/Users/veron/Downloads/4140-25440-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/veron/Downloads/4140-25440-1-PB%20(1).pdf) Acesso em: 27 mar 2023.

LEITE, M. J. H. Características gerais dos principais solos da região semiárida. **RECIMA21 – Revista científica multidisciplinar**, Alagoas, AL, v.3, n.10, 2022. Disponível em: <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/1964> Acesso em: 25 de nov. 2023

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo, ed. Oficina de textos, 2010.

LIMA, R. T. **Comportamento de atributos de latossolos sob calagem superficial e desempenho da soja em sucessão a culturas invernais em semeadura direta**. 2017, 320. Dissertação (Mestrado-Agriculturas Conservacionista) Programa de Pós-Graduação em Agricultura Conservacionista, Instituto agrônômico do Paraná, Londrina, PR, 2017;

MAITELLI, G. T. Interações atmosfera superfície. *In*: MORENO, Gislaine e HIGA, Tereza C. S. (orgs). **Geografia de Mato Grosso: território, sociedade e ambiente**. Cuiabá: Entrelinhas, 2005, p. 238 a 249.

MARENT, B. R.; PORTILHO, S. Unidades de paisagem na bacia hidrográfica do Ribeirão Preto, Serra do Gandarela - MG. **Geosp – Espaço e Tempo**. São Paulo v. 21, n.1, p. 138-155, abril. 2017

MARQUES, J. S. Ciência geomorfológica. *In*: GUERRA, A. J. T.; CUNHA. S. B. (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro. Ed. Bertrand Brasil, 2015 p. 23-50.

NICOLAU, R. F. Vulnerabilidade da paisagem à perda de solo da bacia hidrográfica do rio do Peixe- Goiás. **Caminhos de Geografia**. Uberlândia MG v. 19 n. 66 p. 285-296, junho de 2018. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/39501/22592> . Acesso em: 23 fev.2023.

OLIVEIRA, C. A.; SILVA, G. C.; CORRÊA, M. C.; COLLIR, L. S. Condutividade hidráulica e atributos físicos de um Latossolo Vermelho sob sistema de manejo no Cerrado. **Agrarian**, Dourados, v. 13, n.49, p. 385-392, 2020. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/agrarian/article/view/9519/5911>. Acesso em: 27 de jul.2024.

OLIVEIRA, A. S.; PIERANGELI, M. A. P. SOUSA, J. B.; LOPE, H. S. S; GALBIATI, C.; SOUZA, C. A. CLAUDINO, W. V. Caracterização morfológica, física e química de solos da bacia hidrográfica do médio curso do rio Teles Pires, no município de Alta Floresta-MT. **Research Society and Development**, julho, 2021, v.10, n. 9, p.1-21, julho, 2021. Disponível em: <https://gotriple.eu/documents/10670%2F1.vayntf> Acesso em: 25 de nov.2023.

PADILHA, R. M. **Bacia hidrográfica do rio Carapá, Mato Grosso: caracterização ambiental, uso da terra e dinâmica fluvial**. 2017, 151f., Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Geografia, Universidade do Estado do Mato Grosso, Cáceres, 2017.

PALMIERI, F.; LARACH, J. O. I. Pedologia e Geomorfologia. *In*: GUERRA, A. J. T. CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012, p. 59-122.

PIACENTINI, C. **A formação ferrífera da Formação Puga: Avaliação regional dos recursos da Serra da Bodoquena, MS**. 2008, 106 f. Dissertação (Mestrado Geociência). Programa de Pós-graduação em recursos minerais e hidrogeologia. Instituto de Geociência Universidade de São Paulo 2008. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44137/tde-25032009-152029/publico/TP.pdf> . Acesso em: 20 out. 2022.

PRUDÊNCIO, V. S. **Alterações no canal dos Fontes: dinâmica fluvial e avaliação ambiental, Cáceres/MT**. 2022. 140 f. 2022 Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-graduação UNEMAT – Universidade do Estado de Mato Grosso. Cáceres, MT 2022.

RADAMBRASIL. Ministério de Minas de Energia: Secretaria Geral. **Levantamentos dos Recursos Naturais**. Folha SD, 26, Cuiabá, Ministério de Minas de Energia: Secretaria Geral Rio de Janeiro, RJ, 1982.

RAYMUNDI, V. M. O. **Processo de Urbanização: do uso e ocupação na morfologia do canal do Junco Cáceres-MT**. 2017, 170f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade do Estado do Mato Grosso Cáceres, MT 2017.

RITELA, A.; SOUZA, C. A. Caracterização da bacia hidrográfica do rio Aguapeí – MT, como subsídio para uso e conservação. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros** – Seção Três Lagoas, Três Lagoas/MS. n 7, ano 5, maio de 2008.

RODRIGUES, L. P. LEITE, E.F. Zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do córrego Acôgo MS. **Geoambiente**. n 31 p. 212-234, maio/agosto 2018; Disponível em: [file:///C:/Users/veron/Downloads/admin,+12-31+final%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/veron/Downloads/admin,+12-31+final%20(1).pdf) Acesso em: 08 mar 2023.

ROSS, J. L. S. O contexto geotectônico e a morfogênese da Província Serrana. **Rev. IG**, São Paulo, 12(112), 21-37, jan/dez, 1991; Disponível em:

<https://revistaig.emnuvens.com.br/rig/article/view/199/181> . Acesso em: 25 de nov. 2023.

ROSA, R. M.; FERREIRA, V. O. Proposta de zoneamento ambiental para bacias hidrográficas: aplicação na Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos Afluentes Mineiros do Baixo Paranaíba. **Geousp**. São Paulo, v.26, n.2 p. 1 – 27, junho de 2022. Disponível em: [file:///C:/Users/veron/Downloads/tmgthiago,+ROSA FERREIRA 180525-562292 PT%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/veron/Downloads/tmgthiago,+ROSA FERREIRA 180525-562292 PT%20(1).pdf) . Acesso em: 03 mar. 2024.

SALES, J. C; CABRAL, I. L. L. JESUS, C. R. A cartografia geomorfológica aplicada à análise da bacia hidrográfica do rio da Prata em Jaciara MT-Brasil. **Revista Geografar**-Curitiba, v. 16, n.2, p.571-595, jul. a dez./2021. Disponível em: [file:///C:/Users/veron/Downloads/A CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGICA APPLICADA A ANALISE DA%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/veron/Downloads/A CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGICA APPLICADA A ANALISE DA%20(1).pdf) .Acesso em 18 fev. 2023.

SANTANA, M. F. **Alterações no canal urbano da bacia hidrográfica do Córrego Sangradouro de Cáceres, MT**. 2017, 149f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade do Estado do Mato Grosso Cáceres, MT 2017.

SANTOS, M. S. **Uso, ocupação da terra e dinâmica fluvial da bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha no município de Cáceres, Mato Grosso**. 148 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) –Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Estado de Mato Grosso, Cáceres/MT, 2013.

SANTOS, M.; SOUZA, C. A. Caracterização ambiental da bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha no município de Cáceres – Mato Grosso. **Revista Equador**, Piauí, v. 7, n.1, p. 114-129, 2018. Disponível em: <https://revistas.ufpi.br/index.php/equador/article/view/6906/4229> . Acesso em: 24 de nov. 2023.

SANTOS, M. S. **As características morfoestruturais e o uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha, Mato Grosso**. 280 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) –Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Estado de Mato Grosso, Cáceres/MT, 2021.

SCHERER, C.; LAVINA, L.; FONSECA, M.; SANTOS, L. A. O. Barras em portal em Depósitos Fluviais Antigos: Exemplos no Registro Geológico Sul-rio-grandense. **Instituto de Geociência**. Porto Alegre/RS. v. 21, p. 77- 88 maio/ago. 2000. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/PesquisasemGeociencias/citationstylelanguage/get/ieee?submissionId=20182&publicationId=14856> . Acesso em 03 abril 2022.

SEPLAN (Secretaria de Estado de Planejamento de Mato Grosso). Zoneamento socioeconômico-ecológico: diagnóstico socioeconômico-ecológico do Estado de Mato Grosso. **Relatório técnico consolidado da geologia do Estado de Mato Grosso**. Cuiabá, MT, 2000. Disponível em:

<https://metadados.geo.mt.gov.br/geonetwork/srv/api/records/9f1119e8-340c-4d4b-9257-9d6ecd92c974/attachments/DSEE-GL-RT-004.pdf> Acesso em: 28 de nov. 2023.

SEPLAN (Secretaria de Estado de Planejamento de Mato Grosso). Zoneamento socioeconômico-ecológico: diagnóstico socioeconômico-ecológico do Estado de Mato Grosso. **Relatório técnico consolidado da geomorfologia do Estado de Mato Grosso**. Cuiabá, MT, 2000. Disponível em: <https://metadados.geo.mt.gov.br/geonetwork/srv/api/records/cb75e6dc-4027-434a-aa5c-76e8af9ed546/attachments/DSEE-GM-RT-003.pdf> Acesso em: 28 de nov. 2023.

SEPLAN (Secretaria de Estado de Planejamento de Mato Grosso). Zoneamento socioeconômico-ecológico: diagnóstico socioeconômico-ecológico do Estado de Mato Grosso. **Relatório técnico consolidado de clima para o Estado de Mato Grosso**. Cuiabá, MT, 2000. Disponível em: <https://metadados.geo.mt.gov.br/geonetwork/srv/api/records/e8207fbd-a235-4efc-b9a1-fb5ce41f42b8/attachments/DSEE-CL-RT-002.pdf> Acesso em: 28 de nov. 2023.

SILVA, M. V. C.; CRISPIM, A. B. **Geologia geral**. 1ª ed. Fortaleza- Ceará: EdUECE. 2019.

SOUZA, C. A. **Dinâmica do corredor fluvial do rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã-MT**. 2004. 198 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

SOUZA, C. A.; SOUSA, J. B.; LANI, J. L. Origem e evolução do Pantanal Matogrossense. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 6., 2006. Goiânia. **Anais...** Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2006, p.1 – 11. Disponível em: <http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/6/3/132.pdf> . Acesso em: 24 de nov. 2023.

SOUZA, F. C. R. Condicionantes naturais e antropogênicas dos processos de Erosividade na bacia do rio do Formoso em Buritizeiro (MG). **Revista Cerrados**, v.7, n.1, p. 63-78, 2009. Disponível em: [file:///C:/Users/veron/Downloads/cerrados,+artigo+4+v+7+n+1.+2009+pdf-63-78%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/veron/Downloads/cerrados,+artigo+4+v+7+n+1.+2009+pdf-63-78%20(4).pdf) . Acesso em: 06 mar. 2023.

SOUZA, C. A.; CUNHA, S. B. Feições morfológicas do rio Paraguai e sua dinâmica entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã-MT. *In*: SOUZA, C. A. (Org.). **Bacia hidrográfica do rio Paraguai – MT: dinâmica das águas, uso, ocupação e degradação ambiental**. São Carlos-SP: ed. Cubo, 2012. p. 81 – 94.

SOUZA, I. C. **Bacia Hidrográfica do Córrego Salobra: Caracterização Ambiental, Uso e Ocupação da Terra e Dinâmica Fluvial no Município de Porto Estrela Mato Grosso**. 2015, 177f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) Universidade do Estado do Mato Grosso, Cáceres MT, 2015.

SOUSA, J. B.; PIERANGELI, M. A. P.; SERAFIM, M. E. Atributos morfológicos, físicos e químicos de solos e processos erosivos nas margens do rio Paraguai, Pantanal superior, Mato Grosso, Brasil. **Bol.geogr.**, v. 33, n.1, p. 109-122, jan. abr., 2015. Disponível em:

<https://pdfs.semanticscholar.org/8325/9f7f18f2203aed6d24643ff49d1dd6dfd728.pdf>. Acesso em: 28/07/2024.

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; Disponível em:

<https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/4875/3285>
Acesso em: 02 mar.2023.

TARIFA, J. R. **Clima: análise e representação cartográfica. Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral do Mato Grosso. Recursos naturais e estudos ambientais**. Cuiabá-MT: Entrelinhas, 2011.

TAVARES, C. **Bacia do Córrego Piraputanga, Cáceres-Mato Grosso: Qualidade da água, aspectos físicos do solo e a capacidade de uso da terra**. 2020, 152f. Dissertação (mestrado em Geografia), Faculdade de Ciências Humanas. Universidade do Estado do Mato Grosso, Cáceres MT, 2020.

TRAVASSOS, L. E. P. **Princípios de Carstologia e Geomorfologia Cárstica**. Brasília: ICMBio, 2019.

TORRES, F. S. **Conservação e Uso do Solo**. Indaial: Uniasselvi, 2011.

VAZ, A. P. M. RAMOS, S. M.; FROEHNER, S. J. Bacia hidrográfica do rio Balsas: diagnóstico físico e avaliação qualitativa de áreas suscetíveis à erosão. **Eng.Sanit. Ambient** v.26 n.1 jan/fev 2021. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/esa/a/d9kfSYQxwbXCtLJ9G8ycPvm/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 12 mar. 2023.

ZEILHOFER, P.; MIRANDA, C.S. Proposta de parcelamento e infraestrutura em bacias urbanas: Estudo de caso-córrego do moinho. **GEOUSP- Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 31, p. 37-53, 2012. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/307696038_PROPOSTA_DE_PARCELAMENTO_E_INFRAESTRUTURA_EM_BACIAS_URBANAS_ESTUDO_DE_CASO_-_CORREGO_DO_MOINHO_CUIABA_MT. Acesso em: 13 mar 2023.

CAPÍTULO 2

USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NO COMPLEXO DE BACIAS DA MARGEM ESQUERDA DO ALTO PARAGUAI, NOS MUNICÍPIOS DE CÁCERES E PORTO ESTRELA, MATO GROSSO

RESUMO

A pesquisa foi desenvolvida nas sub-bacias que deságuam na margem esquerda do rio Paraguai, nos municípios de Cáceres e Porto Estrela, no estado de Mato Grosso. O objetivo do estudo foi analisar as transformações ambientais nas sub-bacias hidrográficas: Salobra, Cachoeirinha, Taquaral, Piraputangas, Olhos d'Água, Fontes, Sangradouro, Junco, Facão e Jacobina, decorrentes do processo de ocupação, bem como dos diferentes tipos de uso e cobertura da terra. A metodologia empregada abrangeu levantamento bibliográfico, utilizando-se de livros, artigos, dissertações, teses e legislações que forneceram subsídios sobre as sub-bacias e a temática de estudo. Também foram realizadas visitas de campo para observações diretas na área de estudo, além de mapeamento temporal em três períodos (1986, 2006 e 2021). O mapeamento foi elaborado a partir das imagens de satélite Landsat e a plataforma MapBiomas. A região era originalmente ocupada por povos indígenas, seguida pela migração portuguesa no século XVIII, viabilizada pela política das *sesmarias*, que era baseada em interesses econômicos estimulando o processo de uso e ocupação na área das sub-bacias. Como consequência, surgiram importantes fazendas (Facão, Jacobina e Ressaca), além dos núcleos urbanos (Cáceres e Porto Estrela). No século XVIII e no início do século XIX, as principais atividades desenvolvidas na região incluíam mineração, extrativismo vegetal, pecuária e agricultura de subsistência. Em 1970, a Política de Integração Nacional promoveu uma nova reorganização econômica e territorial no Centro-Oeste, incentivando novas frentes migratórias, para as regiões abrangidas por essas sub-bacias. Como consequência, ocorreu aumento populacional e o reordenamento da posse da terra, acarretando o deslocamento das comunidades tradicionais, desenvolvimento de novas atividades no campo (criação de bovino e cultivo de monocultura) por grandes fazendeiros, além da expansão urbana. A análise dos mapas de uso e ocupação do solo permitiu concluir que o cultivo de pastagens para a pecuária bovina constitui a principal atividade econômica da região, sendo o principal fator responsável pelo avanço do desmatamento. Os dados também evidenciam uma redução na significativa na disponibilidade hídrica, além da intensificação dos processos erosivos e do assoreamento, provocados pela ausência de vegetação ciliar e pela falta de manejo adequado na atividade pecuária ao longo dos 35 anos.

Palavras-chave: Bacias hidrográficas, expansão urbana, desmatamento, pastagem.

CHAPTER 2

LAND USE AND OCCUPATION IN THE COMPLEX OF BASINS ON THE LEFT MARGIN OF THE UPPER PARAGUAI, IN THE MUNICIPALITIES OF CÁCERES AND PORTO ESTRELA, MATO GROSSO

ABSTRACT

The research was carried out in the sub-basins that flow into the left bank of the Paraguay River, in the municipalities of Cáceres and Porto Estrela, in the state of Mato Grosso. The objective of the study was to analyze the environmental transformations in the hydrographic sub-basins: Salobra, Cachoeirinha, Taquaral, Piraputangas, Olhos d'Água, Fontes, Sangradouro, Junco, Facão and Jacobina, resulting from the occupation process, as well as the different types of land use and coverage. The methodology used included a bibliographical survey, using books, articles, dissertations, theses and legislation that provided information on the sub-basins and the study theme. Field visits were also carried out for direct observations in the study area, in addition to temporal mapping in three periods (1986, 2006 and 2021). The mapping was created using Landsat satellite images and the MapBiomas platform. The region was originally occupied by indigenous peoples, followed by Portuguese migration in the 18th century, made possible by the sesmarias policy, which was based on economic interests stimulating the process of use and occupation in the sub-basin area. As a consequence, important farms emerged (Facão, Jacobina and Ressaca), in addition to urban centers (Cáceres and Porto Estrela). In the 18th and early 19th centuries, the main activities carried out in the region included mining, plant extraction, livestock and subsistence agriculture. In 1970, the National Integration Policy promoted a new economic and territorial reorganization in the Central-West, encouraging new migratory fronts to the regions covered by these sub-basins. As a consequence, there was a population increase and a reorganization of land ownership, leading to the displacement of traditional communities, the development of new activities in the countryside (cattle raising and monoculture cultivation) by large farmers, in addition to urban expansion. The analysis of land use and occupation maps allowed us to conclude that the cultivation of pastures for cattle farming constitutes the main economic activity in the region, being the main factor responsible for the advance of deforestation. The data also shows a significant reduction in water availability, in addition to the intensification of erosion and silting processes, caused by the absence of riparian vegetation and the lack of adequate management in livestock farming over the 35 years.

Keywords: Watersheds, urban expansion, deforestation, pasture.

1. INTRODUÇÃO

Há milênios, o ser humano vem aprimorando e intensificando suas ações, em busca do desenvolvimento, tornando-se um importante agente modelador das condições naturais existentes na superfície. Assim sendo, as formas de uso e ocupação do solo refletem a apropriação do espaço pelos diversos atores sociais, como tomadores de decisão política, empresários e diversos setores da sociedade civil (Nascimento; Carvalho, 2003).

Segundo o IBGE (2020), o uso da terra é considerado a exteriorização das atividades desempenhadas pelo ser humano no espaço terrestre, estando associado à cobertura da terra e ao seu manejo. Os espaços estão sujeitos a diferentes formas de ocupação ou mesmo alterações durante o processo de ocupação, que estão relacionadas aos fatores socioeconômicos, históricos e culturais.

Diante dos avanços e do desenvolvimento tecnológico obtidos pelo homem, juntamente com o aumento populacional, relevantes mudanças estão acontecendo na cobertura e uso da terra (IBGE, 2020). Além das alterações na paisagem, decorrentes das modificações nas características físicas e na dinâmica natural, a ocupação desordenada e o uso inadequado dos recursos naturais promovem redução da qualidade ambiental.

A relação entre o homem e a natureza apresenta traços de degradação ambiental, gerando preocupações quanto aos danos ocasionados, que prejudicam o ambiente natural e comprometem a qualidade de vida das pessoas. Essa questão é abordada por diferentes autores, dentre os quais podem ser citados Cidreira-Neto e Rodrigues (2017), ao abordarem a relação homem-natureza e os limites para o desenvolvimento sustentável; Cortez (2011), que discute as interações humanas com os elementos do meio ambiente e os impactos decorrentes dessa interferência e Moreira *et al.* (2022), ao observarem a constante exploração predatória da natureza para seu consumo e conforto de maneira insustentável e a consequente degradação do meio natural. Os problemas gerados promovem inúmeros debates sobre as questões ambientais, com um considerável aumento do diálogo e das informações acerca do tema, embora os resultados ainda não sejam satisfatórios.

De acordo com o relatório da Agência Nacional de Águas (ANA, 2016), o uso da terra pode ser compreendido como a forma pela qual o espaço geográfico é ocupado pelo ser humano. Portanto, as práticas de gestão territorial e de uso da superfície terrestre resultam em impactos no meio natural. A ANA (2016) reforça a importância de haver estudos e levantamentos sobre o uso e ocupação da terra, visando à compreensão dos padrões de organização do espaço. O conhecimento adquirido por meio desses estudos, focados em áreas ocupadas e influenciadas por ações antrópicas, permite a elaboração de um planejamento adequado e a tomada de decisões com relação ao uso e ocupação do solo.

Pires *et al.* (2016) ressaltam que os dados gerados a partir do mapeamento de usos da terra são essenciais para o desenvolvimento da gestão ambiental municipal, pois por retratam as atividades humanas que influenciam negativamente os elementos naturais. No processo de uso e ocupação da terra, uma série de problemas ambientais ocorre nos municípios brasileiros devido à formação desordenada de áreas urbanas e rurais, que passam por um crescimento rápido e mal planejado. São ações que deterioram o meio natural e modificam a paisagem, formando um mosaico fragmentado por espaços antropizados (Pires *et al.*, 2016).

De acordo com Cunha (2012), Cunha e Guerra (2012) e Cunha e Coelho (2012), o uso da terra, vinculado à retirada da vegetação e ao manejo inadequado em áreas urbanas e rurais, afeta negativamente os cursos hídricos em bacias hidrográficas. Como consequência, esse desequilíbrio compromete a quantidade e a qualidade da água, altera a evapotranspiração, o regime de secas e cheias, intensifica os processos erosivos, assoreamento entre outros.

É notável que, nos últimos anos, muitos estudos têm buscado verificar tipos de ocupação e diferentes usos da terra. Esses levantamentos são importantes, pois permitem a obtenção de informações que podem ser utilizadas para desenvolver soluções para a gestão de problemas relacionados aos recursos naturais, além de indicar formas mais sustentáveis de uso da terra.

Souza *et al.* (2014) avaliaram a qualidade da água em bacias hidrográficas do Rio Vacacaí-Mirim, considerando os diferentes usos e ocupações do solo distintos, no município de Santa Maria, Rio Grande do Sul. Neste estudo, foi avaliada a qualidade da água em diferentes áreas, levando em

conta a cobertura vegetal, os usos agrícola e urbano da bacia hidrográfica. Segundo os autores, a bacia hidrográfica de menor área e maior percentual de urbanização apresentou os piores resultados de degradação ambiental. Nas áreas agrícolas, o significativo processo erosivo influenciou a turbidez e os sólidos suspensos e os diferentes usos e ocupações do solo provocaram alterações nos parâmetros de qualidade da água.

Vila Nova *et al.* (2015) estudaram o uso e a ocupação da terra, bem como os indicadores de impactos ambientais negativos no baixo curso do rio São Francisco, estado de Alagoas. Para a identificação dos principais usos da terra e os indicadores ambientais negativos, foram utilizadas geotecnologias e um checklist. Os autores verificaram que as áreas predominantemente naturais diminuíram, principalmente em detrimento do uso agrícola, que mantém relação direta com indicadores negativos. A retirada da vegetação nativa, os processos erosivos, o assoreamento, as mudanças na geometria do canal e o uso e a ocupação em locais impróprios e legalmente proibidos, como margens de rios, contribuíram para uma gestão territorial em desacordo com a dinâmica dos sistemas naturais

Também com o objetivo de avaliar o uso e a ocupação da terra, Fiorese (2021) realizou estudos na bacia hidrográfica do Rio Fruteiras, na área rural da região sul do Espírito Santos. Com a utilização de procedimentos executados no programa ArcGIS e considerando um conjunto de dados geográficos, o autor avaliou a ocupação da terra, como forma de subsidiar melhorias quanto ao planejamento territorial e ambiental aliado ao crescimento econômico.

Mendes e Costa (2022) realizaram estudos objetivando apresentar um panorama das principais mudanças temporais no uso e cobertura do solo na Bacia do Alto Rio das Velhas para os anos de 1985, 2000, 2010 e 2019. Para isso, fizeram uso de técnicas de cartografia e geoprocessamento para construção de mapas e espacialização dos usos e ocupação do solo. O estudo apontou a expansão da infraestrutura urbana, da mineração e da floresta plantada, sendo que o intenso processo de urbanização e os tipos de uso e ocupação na bacia apresentam reverberaram em pressões ambientais nas áreas de preservação permanente (APPs) e nos mananciais, impactando tanto os solos quanto a disponibilidade hídrica.

Segundo Mendes e Costa (2022), as mudanças no uso e nas formas de ocupação da terra são as principais causas de alterações na superfície terrestre, constituindo as maneiras mais eficazes de pressões em bacias hidrográficas. Apesar de o ser humano ser responsável pelos principais problemas ambientais, é notável que ele tenha desenvolvido ferramentas que auxiliam no subsídio de estudos de ordenamento territorial. O sensoriamento remoto e o geoprocessamento apresentam-se como um conjunto de técnicas, que, por meio de informações geoespaciais, buscam tratar e correlacionar os dados na superfície terrestre.

Leite e Rosa (2012) afirmam que as imagens de satélite representam as informações mais acessíveis sobre o uso e cobertura da terra, por permitirem a visualização e identificação direta dos elementos representados na região. Para os autores, é primordial, para a compreensão do modelo de organização do espaço, o conhecimento e o monitoramento do uso e ocupação da terra, buscando conhecer toda a sua utilização vinculada às ações antrópicas.

O desenvolvimento de estudos sobre um território requer pesquisas, análises e interpretações sobre o uso e ocupação do solo e a dinâmica geoambiental, visto que essas informações auxiliam, de maneira consistente, a obtenção de conhecimento mais profundo e amplo de uma região (Vaeza *et al.*, 2010). Os autores explicam que o estudo de uma bacia hidrográfica constitui uma importante unidade de planejamento para uso e exploração dos recursos naturais, devido a seus limites serem inalteráveis dentro do horizonte de planejamento humano, facilitando o controle e o monitoramento das transformações ocasionadas naturalmente ou por ações antrópicas.

O uso e a ocupação nas áreas das bacias hidrográficas alteram a dinâmica natural, refletindo-se no comportamento hidrológico relacionado ao escoamento, à recarga dos aquíferos e à qualidade da água. Assim, o “disciplinamento” do uso e da ocupação nas bacias hidrográficas é considerado, por Vaeza *et. al.* (2010), como o meio mais eficiente de controle dos recursos hídricos que as integram.

Muitos estudos sobre uso e ocupação foram realizados em áreas de bacias hidrográficas, tendo em vista que o uso e a ocupação desordenados nessas bacias, podem ocasionar danos ambientais e que a compreensão dos diversos fatores que alteram esse ambiente pode contribuir com o planejamento

de ações menos impactantes. Dentre os inúmeros trabalhos, é possível citar: Vanzela *et al.* (2010), na sub-bacia do córrego Três Barras, SP; Souza e Cunha (2012), que discorrem sobre o sistema hidrográfico do rio Paraguai; Coelho *et al.* (2014), que trabalharam a “dinâmica do uso e ocupação em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro”, no riacho São Paulo, localizado em Pernambuco e Menezes *et al.* (2016), com a relação entre os padrões de uso e a ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana, na bacia do rio Vermelho em Lavras, MS.

No contexto regional, destacam-se os estudos de Leandro e Rocha (2019), que investigaram a expansão agropecuária e a degradação ambiental na bacia hidrográfica do Rio Sepotuba no Alto Paraguai, MT; Funaro *et al.* (2022), que relacionaram as alterações ambientais ao processo de uso e ocupação no médio curso da sub-bacia Piraputanga, no município de Cáceres, MT, e Oliveira *et al.* (2023) que analisaram os impactos decorrentes do uso e da ocupação da terra na cobertura pedológica de Neossolo Quartzarênico Órtico típico na cabeceira de drenagem do rio Branco, MT.

O presente trabalho, portanto, teve como objetivo verificar o processo de ocupação, os tipos de uso e cobertura da terra nas sub-bacias hidrográficas: Salobra, Cachoeirinha, Taquaral, Piraputangas, Olhos d'Água, Fontes, Sangradouro, Junco, Facão e Jacobina, localizadas na margem esquerda do Rio Paraguai, nos municípios de Cáceres e Porto Estrela, Mato Grosso.

Este estudo avalia as transformações socioambientais que possam ser identificadas no complexo de sub-bacias, pelas inter-relações que envolvem as ações antrópicas no ambiente, visando subsidiar o planejamento e a gestão.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

As sub-bacias hidrográficas Salobra, Cachoeirinha, Taquaral, Piraputangas, Olhos d'Água, Fontes, Sangradouro, Junco, Facão e Jacobina estão localizadas na margem esquerda do rio Paraguai, entre as coordenadas 15°20'00" a 16°30'00" latitude Sul 57°00'00" a 57°50'00" longitude Oeste, ocupando uma área de 2.652,92 km² (Figura 15).

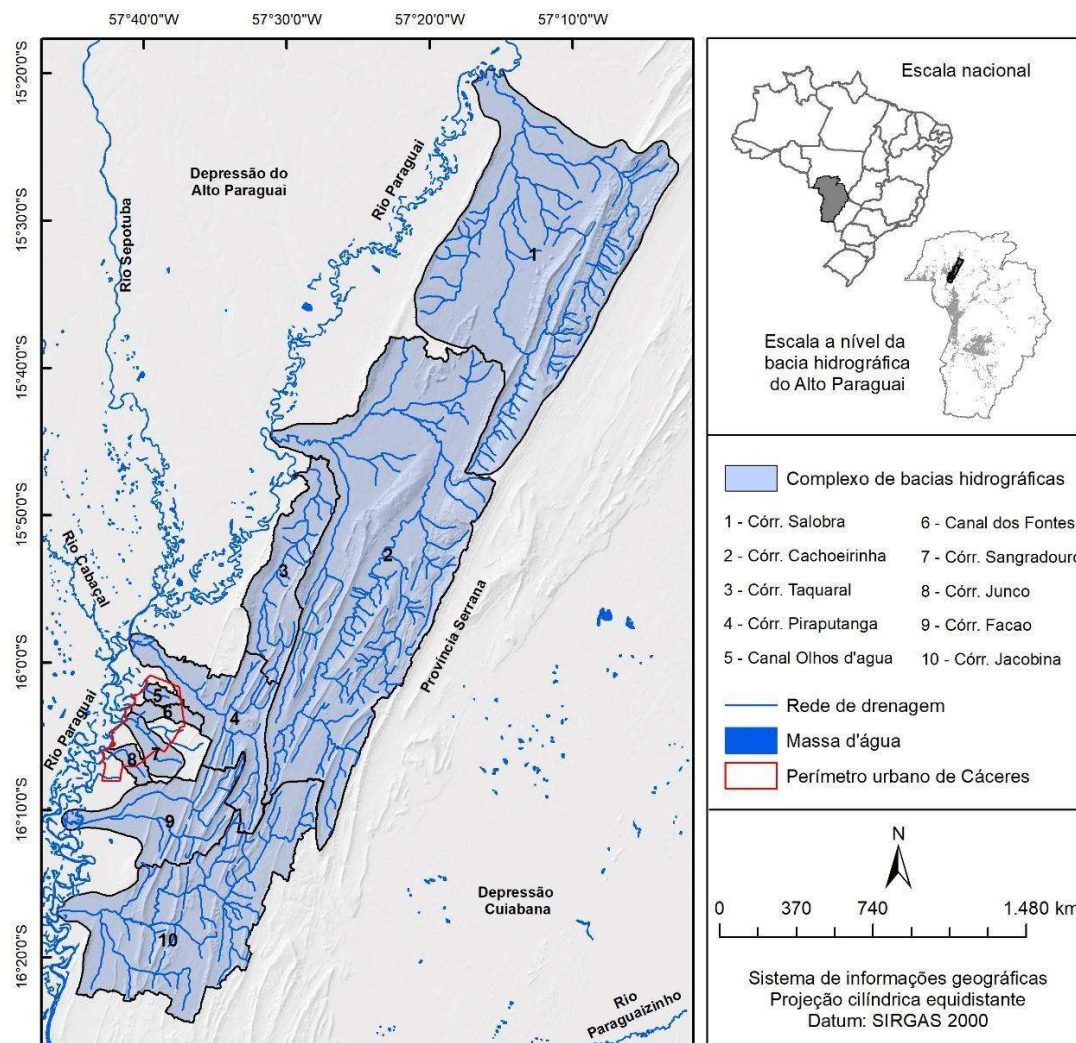


Figura 15: Mapa de localização da área de estudo. **Fonte:** A autora (2023) a partir de dados do Topodata – ArchHydro 2011.

O conjunto de sub-bacias está na margem esquerda do rio Paraguai, nos municípios de Cáceres e Porto Estrela, no estado de Mato Grosso. Representam redes de drenagens, com fluxos d'água que nascem na Província Serrana e percorrem a depressão do Alto Paraguai até atingir o rio Paraguai nas Planícies e Pantanaís, quais sejam:

- Salobra – localizada no município de Porto Estrela, MT, entre as coordenadas geográficas 15° 20' 00" a 15° 50' 00" de Latitude Sul e 57° 02' 00" a 57° 20' 00" Longitude Oeste; ocupando uma área de 759,03 km²;
- Cachoeirinha – está no município de Cáceres, MT, entre as coordenadas geográficas 15° 35' 37" a 16° 12' 30" de Latitude Sul e 57° 14' 36" a 57° 32' 24" de Longitude Oeste; possuindo 937,31 km²;

- Taquaral – situa-se no município de Cáceres, MT, entre as coordenadas geográficas de 15° 58' 40.4" a 16° 03' 47.6" Latitude Sul e 57° 30' 28.1" a 57° 41' 13.8" de Longitude Oeste; perfazendo 144,11 km²;
- Piraputanga – posicionada no município de Cáceres, MT, entre as coordenadas geográficas 15°58'00" a 16°12'00" de Latitude Sul e 57°32'00" a 57°40'00" de Longitude Oeste; abrangendo 170km²;
- Facão – localiza-se no município de Cáceres, MT, entre as coordenadas geográficas de 16°08'48,09" a 16°10'30,38" de Latitude Sul e 57°34'13,02 a 57°44'27,27" de Longitude Oeste; totalizando 149,05km²;
- Jacobina –sita em Cáceres, MT, entre as coordenadas 16°11'51,6" a 16°17'04,4" de Latitude Sul e 57°31'23,7" a 57°46'20,1" de Longitude Oeste; possuindo 160,83km².
- Olhos d'Água – pertence ao município de Cáceres, MT, entre as coordenadas 16° 06' 27" e 16°04'01" de Latitude Sul e 57°39'24" a 57°39'13" de Longitude Oeste, compreendendo 8,72 km²;
- Fontes – faz parte do município de Cáceres, MT, entre as coordenadas 16°04'25" a 16°03'20" de Latitude Sul e 57°39'52" a 57°41'01" de Longitude Oeste, com 16,53 km²;
- Sangradouro – em Cáceres, MT, entre as coordenadas geográficas 16°02'00" a 16°08'00" de Latitude Sul e 57°42'00" a 57°36'00" de Longitude Oeste, ocupando 27,74 km²;
- Junco – integra o município de Cáceres, MT, entre as coordenadas geográficas 16°07'41" e 16°05'55" de Latitude Sul e 57°40'14" a 57°42'46" de Longitude Oeste, circunscrevendo 13,25 km².

2.2 Procedimentos metodológicos

2.2.1 Levantamento do processo histórico de ocupação e uso da terra nas sub-bacias

Para o levantamento das informações relacionadas ao processo histórico de ocupação e uso da terra, foi necessária a realização de uma revisão bibliográfica sobre o assunto, trabalho de campo e mapeamento temporal do uso e ocupação.

2.3 Análise documental e bibliográfica

As informações relacionadas ao uso e à cobertura da área de localização das sub-bacias hidrográficas foram obtidas por meio de pesquisas em documentos públicos, dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), dissertações, livros, artigos científicos e dados cartográficos.

Demais dados levantados acerca do processo de ocupação e do uso da terra no complexo de bacias, contidos em documentos e arquivos públicos, foram disponibilizados pela Prefeitura Municipal de Cáceres (PMC), pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e pela Federação de Assistência Social e Educação (FASE).

2.4 Atividade de campo

Foram realizadas atividades de campo com o objetivo de observar diretamente a área estudada. Nesse sentido, vale ressaltar que a “observação possibilita um contato pessoal estreito do pesquisador com o fenômeno pesquisado” (Lüdke; André, 1986, p. 26).

As atividades de campo permitiram obter informações diretamente na área de estudo, referentes ao uso e à ocupação da terra, além de aspectos importantes na área das sub-bacias hidrográficas. O conjunto de informações adquiridas pelas observações *in loco*, integrou os dados obtidos pelas pesquisas bibliográficas, documentais e cartográficas.

As observações ocorreram em dias alternados, totalizando sete visitas, realizadas nas seguintes datas: 11 de junho de 2022 (sub-bacia Facão), 7 de setembro de 2022 (sub-bacias Olhos d'Água, Fontes, Sangradouro e Junco), 8 de setembro (sub-bacias- Facão e Jacobina), 20 de setembro de 2022 (sub-bacias Piraputanga e Taquaral), 12 de outubro de 2022 (sub-bacia Cachoeirinha e Salobra), 25 de fevereiro de 2023 (sub-bacia Piraputanga) 04 de maio de 2024 (sub-bacias Cachoeirinha e Salobra).

2.5 Mapeamento temporal do uso e ocupação da terra

As mudanças no espaço/temporal do uso e cobertura e ocupação da terra nas sub-bacias hidrográficas foram verificadas por meio de mapeamento em três

momentos específicos: 1986, 2006 e 2021. Segundo Martinelli (2011), os mapas em série, caracterizados como temporais, são indicados para analisar mudanças de determinada manifestação ocorrida ao longo do tempo.

A disposição do intervalo de tempo foi determinada entre os períodos de 1986, 2006 e 2021. As razões pelas quais esses períodos distintos foram selecionados devem-se:

- A partir de 1986, foi possível obter imagens do uso e ocupação da terra nas bacias;
- Ao ano de 2006 ter sido estimado um período intermediário, após vinte anos, quando o processo de uso e ocupação foi intensificado e as leis ambientais se tornaram mais rígidas;
- A 2021 representar os dias atuais.

O mapeamento temporal da expansão urbana no município de Cáceres foi elaborado, tomando por base os períodos de 1986, 1991, 1996, 2010 e 2021, selecionados porque:

- Em 1986 terem sido disponibilizadas as primeiras imagens de satélite;
- O ano de 1991 corresponder ao reflexo do aumento da população urbana da década de 1980, no município de Cáceres;
- Em 2006 foi o marco temporal estimado, para verificar o contínuo crescimento da população urbana entre 1990 a 2000, no município de Cáceres
- 2021 representa os dias atuais.

O mapeamento por satélite dos períodos indicados para identificar a temporalidade do uso e ocupação e expansão urbana foi elaborado a partir:

- Das imagens do satélite Landsat, com resolução de 30 metros, disponível na plataforma *Google Earth Engine* e com uma série temporal com mais de trinta anos;
- O aplicativo MapBiomias utiliza um classificador automático *Random forest* com amostras dos alvos a serem classificados, as quais são feitas por mapas de referência, geração de mapas de classes estáveis das séries anteriores do MapBiomias e por coleta direta por interpretação visual das imagens *Landsat*.

- A classificação pode ser feita para cada um dos anos da série, podendo ser salvas como um único mapa por classe, em que cada *pixel* tem um número de camadas correspondentes ao número de anos da série histórica analisada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Evolução histórica do processo de uso e ocupação das terras no complexo de sub-bacias

A descrição atribuída neste item refere-se à evolução do processo histórico de ocupação, na região que abrange o complexo de sub-bacias hidrográficas: Cachoeirinha, Taquaral, Piraputanga, Facão, Jacobina e Salobra. Nesse contexto, os fatos históricos que nortearam o crescimento populacional, refletem as condições de uso da terra ao longo dos séculos.

Antes da chegada dos imigrantes portugueses à região, que atualmente corresponde ao estado de Mato Grosso, a área era habitada por povos indígenas. De acordo com os interesses econômicos, os imigrantes foram gradativamente consolidando sua ocupação por meio de vilas e fazendas (Higa, 2005). O surgimento desses núcleos de povoamento, aliado ao desenvolvimento de atividades econômicas, contribuiu para o processo de ocupação e exploração dos recursos naturais existentes nas sub-bacias hidrográficas.

3.1.1 Sub-bacia do córrego Salobra

As origens históricas da evolução do processo de ocupação da bacia Salobra remontam ao século XIX, motivadas pela exploração do extrativismo vegetal, cujos principais produtos foram a retirada da madeira, borracha e a poaia, também conhecida por ipeca e ipecacuanha (Carvalho, 2001; Higa, 2005; Souza, 2015). Apesar da exploração da poaia ter iniciado no século XVIII no Estado do Mato Grosso, somente no século XIX atingiu destaque na exportação devido às suas propriedades medicinais (Teixeira *et al.*, 2012; Coelho *et al.*, 2013; Higa, 2005).

O espaço antes ocupado pelos índios foi gradativamente recebendo imigrantes atraídos pelo novo ciclo econômico, relacionado à exploração vegetal. Segundo dados históricos, fornecidos pela Prefeitura Municipal de Porto Estrela

(PMPE), em 1800 iniciaram as primeiras construções às margens do rio Paraguai. A disponibilidade de terras férteis e de baixo custo contribuiu para a chegada de outros imigrantes que, paralelamente ao extrativismo, dedicaram-se à criação de gado e à agricultura de subsistência. A prática da criação de gado e do cultivo era importante, pois garantia o abastecimento do local, visto que, em 1890, já havia se formado um vilarejo, denominado “Currutela”, onde hoje é o município de Porto Estrela.

O principal acesso à região era pelo rio Paraguai, pois as estradas eram precárias, os produtos que atendiam as necessidades básicas chegavam até a região por navios, que serviam de entreposto para vendas e trocas. A poaia, os cereais (arroz, feijão, milho), a banana e a mandioca eram utilizadas como escambo, devido à dificuldade em se ter moeda corrente (Souza, 2015).

Em 1972, foi construída a MT-343, que liga Cáceres a Barra do Bugres e passa por Porto Estrela, possibilitando acesso terrestre. Consequentemente, ocorreu o declínio da navegação e a expansão da urbanização nas proximidades dessa rodovia (Xavier *et.al.* 2020). No ano de 2021, foi concluída a pavimentação de 104,1 km da MT-343, que liga Cáceres a Porto Estrela, em direção à Barra do Bugres, além da construção de pontes sobre o rio Salobra e o córrego Três Ribeirão (Figura 16).



Figura 16: Obras da pavimentação asfáltica e ponte na MT-343, entre os municípios de Cáceres e Porto Estrela, Mato Grosso. **Fonte:** (A) Roberto (21/10/2020); (B) Secretaria de Estado e Infraestrutura e logística (29/03/2021); (c) Secom (24/06/2022).

Em 1953, a Lei n° 710 criou o distrito de Porto Estrela, com território jurisdicionado ao município de Barra do Bugres. A emancipação de Porto Estrela ocorreu mediante a Lei n° 5.901, de dezembro de 1991 (IBGE, 2010).

3.1.2 Sub-bacia do Córrego Cachoeirinha

As ações políticas que viabilizaram a expansão da fronteira a oeste do território brasileiro, bem como a interiorização da população e das atividades econômicas, foram fomentadas pelo processo de distribuição de terras através da cessão de *sesmarias*, no século XVIII (Higa, 2005).

A doação de terras (*sesmarias*) para aqueles dispostos a explorá-las ocorreu no período das capitanias hereditárias, instituídas por D. João III em 1534 (Higa, 2005; Poquiviqui, 2020). Por meio dessa política, as áreas correspondentes às sub-bacias hidrográficas Cachoeirinha, Taquaral, Piraputanga, Facão e Jacobina passaram a ser ocupadas por imigrantes oriundos da expansão colonizadora portuguesa. Assim, os vales e serras (Província Serrana), também conhecidos como região da Morraria, passaram a receber novos habitantes que, ao longo do tempo, foram estabelecendo padrões culturais.

As comunidades estabelecidas na Morraria são denominadas de morroquianos e mantêm suas atividades vinculadas à natureza, desenvolvendo significativo conhecimento dos ciclos naturais (Aguiar, 2010; Diegues, 2011; Rodrigues *et al.*, 2015; Poquiviqui, 2020). Os autores pontuam que tais comunidades não são reconhecidas exclusivamente por sua localização, mas sim pelo modo de vida e pelas suas formas como se relacionam com o meio biológico, diante de uma dependência não apenas para fins de subsistência, mas também por aspectos materiais, econômicos, culturais e religiosos.

Quanto às formas de uso e ocupação pelos morroquianos, é possível destacar a extração de recursos para fins alimentícios (pequi/ *Caryocar brasiliense* Cambess), medicinais (jatobá/ *Hymenaea stigonocarpa* Hayne), e construção (aroeira/ *Myracrodruon urudeuva* e indaiá/ *Attalea dúbia*) (Arpep, 2019, Santos, 2013). No passado, a ocupação, exploração e produção na região da sub-bacia do Cachoeirinha eram realizadas pelos morroquianos. A Morraria destacava-se por ser região produtora e fornecedora de alimentos, atendendo Cáceres e a região do entorno por meio do cultivo de produtos como a banana-da-terra, arroz, feijão, milho, cana-de-açúcar, rapadura e mandioca (Santos, 2013).

3.1.3 Sub-bacias do córrego Facão e Jacobina

A política estabelecida durante as sesmarias incentivou o povoamento no interior do território colonizado, não somente por garantir a posse das terras e conter os avanços espanhóis, mas também pela necessidade de estabelecer e formar roças, visando ao abastecimento de mantimentos nessas localidades (Poquiqui, 2020, Cruz; Ghidorsi, 2023).

Em decorrência dessa política, foram formadas inúmeras fazendas no município de Cáceres. Dentre elas, três estão situadas na área da sub-bacia hidrográfica Jacobina: as fazendas Jacobina, Ressaca e Facão. As duas últimas (Ressaca e Facão) também abrangem a área da sub-bacia hidrográfica do Facão.

Jacobina foi considerada a maior e mais importante fazenda de engenho da região, pela existência de oficinas, casas cobertas de telha, uma capela, grandes armazéns, quatro engenhos de açúcar (dois movidos a água e dois por bois), uma olaria, uma máquina de socar milho e ranchos, além de pomares, hortas bem cultivadas e aves domésticas nas proximidades da casa principal (Zattar, 2022). A autora acrescenta que, na área da fazenda, havia a criação de animais e a plantação de cana-de-açúcar, além de outras lavouras, como mandioca, milho e café.

As atividades eram exercidas, segundo Zattar (2022, p.107) por um “contingente de escravos de ambos os sexos, gente forra, entre agregados, crioulos, mulatos e índios que se ocupavam da lida diária”. No século XVIII, a fazenda Facão mantinha em sua propriedade a produção industrial de derivados de cana-de-açúcar, como o açúcar mascavo, aguardente, cereais e até mesmo a farinha de mandioca, consumida com frequência pelos pantaneiros e chiquitanos que moravam na região (Silvia *et al.*, 2009).

A área da fazenda Facão, compreende as duas laterais da BR-070, com sua sede localizada a 12 km da zona urbana de Cáceres. As principais construções da fazenda têm sua origem no período colonial e fazem parte da história da região, incluindo um prédio da escola, um galpão da fábrica e uma capela (Figura 17).

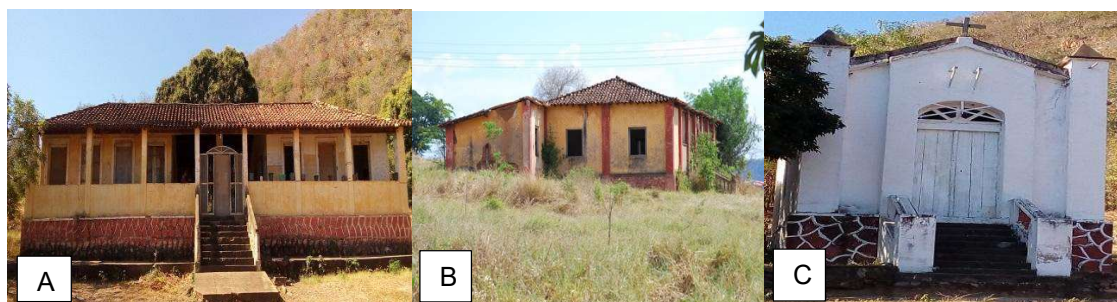


Figura 17: Edificações de origem portuguesa da fazenda Facão, município de Cáceres, Mato Grosso. **Fonte:** Cruz, 2015; antigas edificações construídas no período colonial do século XVIII. (A) escola (B) galpão da fábrica (C) capela.

Apesar do valor histórico dessas estruturas antigas, é lastimável sua deterioração. Em 2006, ocorreram movimentos políticos visando ao tombamento das edificações, o que poderia viabilizar recursos para a restauração desses patrimônios; no entanto, não foram efetivados, e elas permanecem em total estado de abandono.

A ocupação que deu origem ao assentamento Facão/Bom Jardim teve início em 1997, com a invasão e ocupação por aproximadamente mil famílias em uma área da fazenda Facão. Após negociações entre o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e os fazendeiros, foi implantado o projeto de assentamento Facão (2001) e Facão/Bom Jardim (2006) (Rodrigues, 2020). O assentamento Facão, criado em 2001, apresenta uma área de 4.782,47 ha, ocupada por 84 famílias em 36 lotes. O assentamento Facão/Bom Jardim, criado em 2006, corresponde a uma área de 1.639,95 ha abrigando 169 famílias em 45 lotes. Bom Jardim foi dividido em três comunidades: Boa Esperança, São José e Bom Jardim (Costa, 2008; Rodrigues 2020).

Além dos assentamentos, no baixo curso da sub-bacia do Facão, encontram-se as fazendas Rancho Verde e Ressaca/Grendene. A fazenda Ressaca também ocupa a área da sub-bacia hidrográfica Jacobina. Nas primeiras décadas do século XX, foi sede de uma importante indústria de produção de açúcar e aguardente, que era realizada por meio de máquinas a vapor e atendia a demanda da população local (Silvia, 2011). Na atualidade, a fazenda Ressaca pertence ao grupo Grendene e desenvolve pecuária intensiva e extensiva, além do plantio de soja.

3.1.4 Sub-bacias do córrego Piraputanga e Taquaral

Segundo Souza (1998), o processo de ocupação na sub-bacia Piraputanga está relacionado às origens da ocupação da região de Cáceres. As migrações para a região do Taquaral, em meados da década de 1960, contribuíram para a ocupação de terras que eram tradicionalmente habitadas pelos morroquianos (Arpep, 2019). Essa movimentação foi intensificada pela construção da rodovia MT-343, que liga Cáceres a Barra do Bugres (MT), e pela busca de terras destinadas ao desenvolvimento da pecuária. Assim, a área da sub-bacia hidrográfica do córrego Piraputanga também recebeu influências dos fluxos migratórios (Souza, 1998). A ocupação dos imigrantes na década de 1960 em decorrência da compra e posse das terras que eram ocupadas pelas comunidades tradicionais, resultou na expulsão de diversos grupos locais, causando modificações significativas na estrutura fundiária, econômica e social (Arpep, 2019).

O uso da terra pelos morroquianos está fortemente relacionado ao Cerrado da região da Morraria. Essa conexão foi verificada durante o desenvolvimento do projeto “A Sociobiodiversidade do Cerrado da Morraria como herança do futuro”, realizado pela Associação Regional das Produtoras Extrativistas do Pantanal (Arpep). Os alimentos de consumo diário listados pelos morroquianos, nesta pesquisa incluem: arroz, feijão, carne de porco, carne de galinha, carne bovina, caça, peixe, ovo, mandioca, milho verde, macarrão, rapadura, banana, maxixe, abobora, quiabo, rúcula, cebolinha, alface, alho, pequi, mangaba, jabuticaba, jatobá, cumaru, marmeleiro, algodão do campo, emburici, babaçu, manga, cagaita, fruta de veado, pitomba, cajuzinho, araçá, goiaba, gariroba, acumã, tucumirim, ingá, jenipapo, acupari, abacaxi do mato, seputá.

A pesquisa identificou que menos de 10% dos alimentos são comprados fora da comunidade, revelando a importância da preservação do Cerrado para a subsistência das famílias tradicionais (Arpep, 2019).

3.1.5 Evolução histórica e processo de urbanização nas áreas das sub-bacias hidrográficas Sangradouro, Junco, Fontes e Olhos d'Água.

Em 1778, foi fundada a Vila Maria do Paraguai, atual município de Cáceres. No mesmo período, outros núcleos foram consolidados, possibilitando,

na segunda metade do século XVIII, o início do processo de urbanização (Carvalho, 2001; Higa, 2005; Araújo, 2012).

Ao longo dos séculos, as atividades econômicas promoveram, em períodos distintos, a expansão desses núcleos. Após a decadência da mineração e estagnação econômica, ocorreram o estímulo a outras atividades, possibilitando a exploração vegetal e a criação de gado, associada à produção de charque (Oliveira, 2005). Paralelamente ao desenvolvimento econômico das atividades industrial-agroextrativistas e da pecuária, bem como à criação de vínculos comerciais, à facilidade de navegação e à formação de novos núcleos, com destaque às fazendas, ocorreu o crescimento populacional. Nesse contexto, Cáceres recebeu o título de cidade em 1874 (Mendes, 2009).

O estruturamento do uso e ocupação do solo urbano representa a materialização das relações socioeconômicas, com a infraestrutura instalada na margem esquerda do rio Paraguai e limites estabelecidos a partir da jusante do Córrego Sangradouro. Nas décadas de 1960, 1970 e 1980, o crescimento populacional no estado do Mato Grosso foi considerado elevado (IBGE, 2022), refletindo-se diretamente na paisagem urbanizada (Figura 18). O aumento populacional foi fundamentado na relação entre o desenvolvimento de uma política de reorganização econômica e territorial, otimizada por incentivos do governo estadual.

Na década de 1970, os projetos de colonização, implantaram três grandes programas e estratégias de integração nacional: o Programa de Integração Nacional (PIN), o Programa de Redistribuição de Terras e Estímulo à Agroindústria do Norte (Proterra) e o Programa de Desenvolvimento do Centro Oeste (Prodoeste) (Higa, 2005). Esses projetos tornaram a região mais atrativa e contribuíram no aumento populacional da cidade de Cáceres.

A desterritorialização de inúmeras famílias rurais, devido à concentração de terras e ao desenvolvimento da pecuária extensiva, resultou no êxodo rural, favorecendo a fundação de conjuntos habitacionais e a ocupação das áreas periféricas (Santos; Zamparoni, 2012). O aumento populacional na cidade de Cáceres, acompanhado pela expansão espacial do território urbano, não foi acompanhado de um planejamento adequado, resultando no agravamento dos problemas sociais e na degradação do meio ambiente.

Nas décadas de 1971 a 1981, a cidade de Cáceres passou por significativo processo de urbanização. A população urbana, que era de 16.791 habitantes na década de 1970, somava 34.514 habitantes em 1980 (Figura 18). Diante do crescimento populacional, o estado promoveu projetos de construção de habitações (IBGE, 2010).

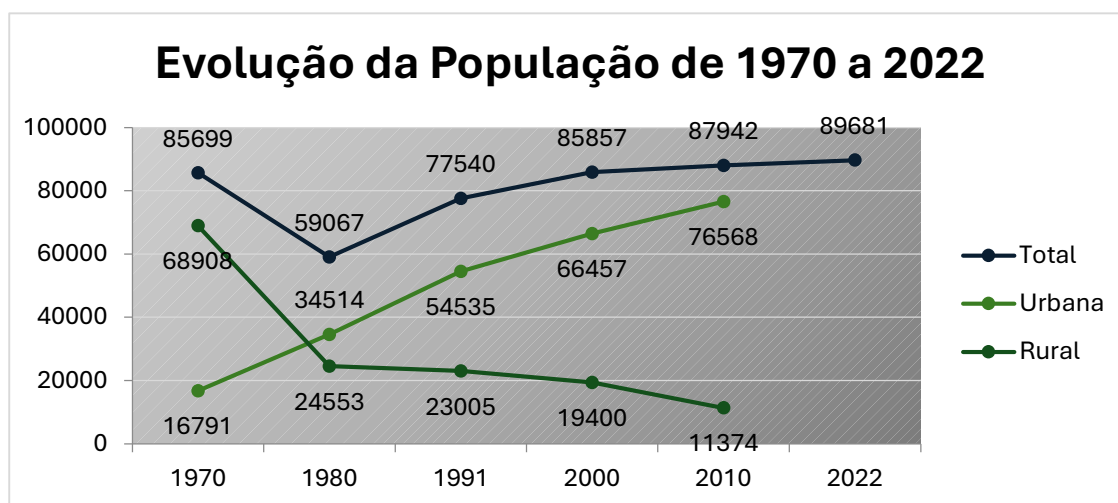
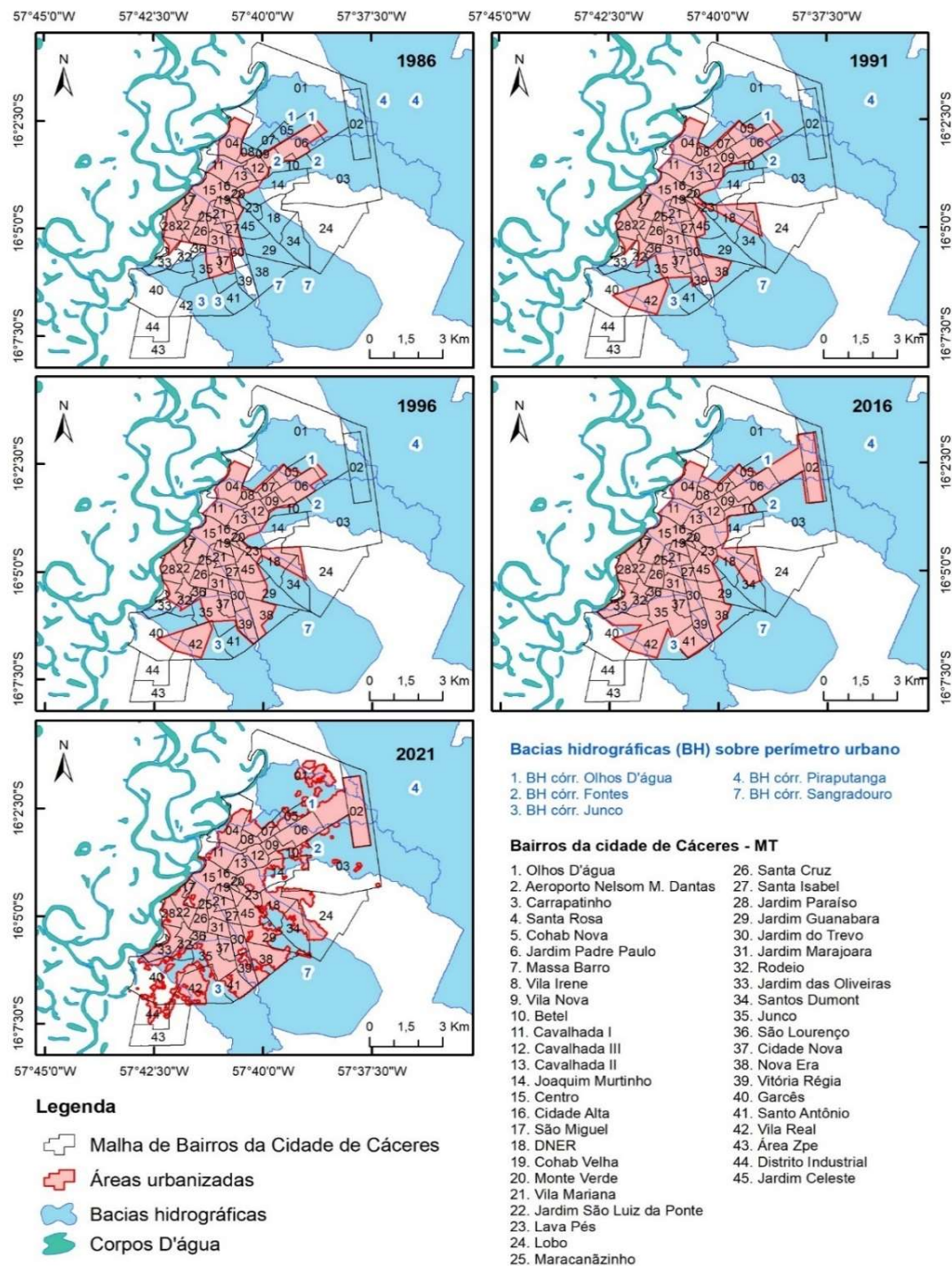


Figura 18: Evolução da população total, urbana e rural de Cáceres entre as décadas de 1970 a 2022. **Fonte:** IBGE 2022.

Foi implantado, no período de 1981 a 1991, o projeto de políticas públicas de habitação: Comunidade Urbana de Recuperação Acelerada (CURA I e CURA II) (Cruz, 2013). O projeto CURA foi financiado pelo Banco Nacional de Habitação (BNH) no ano de 1973, com o objetivo de viabilizar obras de conjuntos habitacionais no país. Além disso, promoveu obras de infraestrutura em locais centralizados, como pavimentação de vias, construção de sarjetas, meios fios, galerias de águas pluviais e drenagens (Albarelo, 2012). Outro programa para suprir a demanda de habitações foi a criação da Companhia de Habitação Popular do Estado de Mato Grosso (COHAB/MT), que viabilizou a construção de Cohabs.

O loteamento de conjuntos habitacionais foi se expandindo na sub-bacia hidrográfica do córrego Sangradouro, atingindo a sub-bacia do córrego Fontes (Figura 19).



Sistemas de Coordenadas Geográficas / DATUM: SIRGAS 2000 / Fonte: Prefeitura Municipal de Cáceres (2017); IBGE (2021); ANA (2018); MAPBIOMAS (2021)

Figura 19: Expansão urbana no município de Cáceres entre os períodos de 1986, 1991, 1996, 2016 e 2021. **Fonte:** Prefeitura municipal de Cáceres; IBGE (2021); ANA (2018); MAPBIOMAS (2021).

Entre a década de 1970 e o início da década de 1980, ocorreu o surgimento dos bairros Cohab Velha (19), Monte Verde (20), Vila Mariana (21), Cavanhada II (13), Santa Izabel (27) na sub-bacia do córrego Sangradouro. A ocupação na sub-bacia do Fontes iniciou com a formação dos bairros Santa Rosa (4), Cavanhada III (12), Jardim Padre Paulo (6) que também ocupou a área da sub-bacia Olhos d'Água. Neste período, ocorreu a expansão urbana na sub-bacia do Junco pelo surgimento dos bairros Cidade Nova (37), Junco e Jardim do Trevo (30) (Figura 19).

No entanto, esses novos bairros não foram suficientes para atender a demanda habitacional, devido ao contínuo aumento da população urbana, que também ocorreu durante a década de 1980. No final dessa década, verificou-se um acréscimo de 31.530 habitantes, indicando que, em um período de dez anos, a população urbana quase dobrou (IBGE, 2022).

Diante da demanda por habitações e do contínuo processo de ocupação, verifica-se que, após o ano de 1986, novos bairros passaram a ocupar as sub-bacias Sangradouro, Fontes e Junco. Os bairros Jardim Celeste (45), Lava Pés (23), DNR (18), Nova Era (38) situam-se na sub-bacia Sangradouro. Vila Irene (08), Vila Nova (09), Massa Barro (07), Cohab Nova (05) na sub-bacia Fontes, Vila Real (42), Vitória Régia (39) encontram-se na sub-bacia Junco. Entre os anos de 1991 a 1996, a ocupação ocorreu apenas no Sangradouro, com a expansão dos bairros Nova Era (38), Jardim Celeste (45) e surgimento do bairro Jardim Guanabara (Figura 19).

Diferentemente da ocupação da sub-bacia do Sangradouro, que ocorreu nas proximidades do córrego em sua foz, a sub-bacia do Junco teve sua ocupação urbana direcionada ao norte. Esse comportamento é explicado pela construção da BR-070, que margeia a região nordeste da sub-bacia e destaca-se por ser o principal acesso à cidade. Essa rodovia passou a representar um local atrativo para o desenvolvimento do comércio, possibilitando maior concentração de pessoas.

Após o ano de 1996, ocorre a expansão do bairro Junco (35), com a formação do Jardim das Oliveiras (33), Rodeio (32) e Santo Antônio (41). O bairro DNR (18) e Santos Dumont (34) também se expandem na sub-bacia Sangradouro, formando o bairro Betel (10) e Joaquim Murtinho (14) na sub-bacia

Fontes. O Aeroporto Nelson M. Dantas (02), Carrapatinho (03) e Olho D'água (01) estão localizados na sub-bacia Olhos d'Água (Figura, 19).

O acelerado crescimento da população urbana em Cáceres, a partir da década de 1970, acarretou o surgimento de diversos bairros, caracterizando uma expansão dispersa nas proximidades da área central. A pressão antrópica tornou-se a causadora das transformações e impactos ambientais na rede hídrica.

3.2 Tipos de usos e cobertura nas sub-bacias da margem esquerda do Rio Paraguai, entre os municípios de Cáceres e Porto Estrela

A área do complexo de sub-bacias abrange uma variedade de formas de uso e ocupação da terra, que incluem tanto propriedades agropecuárias, bem como pelo uso em ambiente urbano (Quadro 02).

Quadro 02: Tipos de uso e ocupação no complexo de sub-bacias da margem esquerda do rio Paraguai entre os municípios de Cáceres e Porto Estrela Mato Grosso

Sub-bacias	Usos e ocupações	
Salobra	Pecuária (bovino, suíno, aves), pecuária leiteira; cultivos de algodão, feijão, milho, arroz, feijão, mandioca, melancia laranja, banana, abacaxi, estação ecológica Serra das Araras.	
Cachoeirinha	Vila Aparecida	Serviços de secagem e depósito de cereais, escola, indústria de móveis, posto de saúde, comércio de alimentos, produtos agrícolas e construção.
	Área rural	Cultivo de milho verde, mandioca, feijão carioquinha, arroz abóbora, mandioca banana da terra, banana maçã, pastagem; cultivo de grãos (soja, milho, sorgo, milheto) criação de porcos, galinha e ordenha de leite pecuária (bovino, suíno, aves), pecuária leiteira e corte.
Jacobina	Criação de bovinos, suínos e caprinos; cultivo de soja, milho, milheto, sorgo (alta escala); mandioca, banana, pastagem, teca; atividade de turismo histórico-cultural, restaurante.	
Facão	Cultivo de milho, feijão, mandioca, abóbora, maracujá, quiabo, pimenta, jiló banana, melancia, soja, pastagem; pecuária intensiva e extensiva; criação de suínos e galinha; piscicultura, exploração do cumbaru na produção de bombons, licor, castanha torrada com sal, pão, biscoito.	
Taquaral	Cultivo de mandioca, milho, cana-de-açúcar, feijão, banana, abacaxi, pastagem; pecuária.	

Piraputanga	Cultivo de pastagem, cultura temporária, psicultura, pecuária (ovinos, equinos e caprinos), instalação de frigorífico, aeroporto, cascalheira, atividade de lazer (restaurante, pousada, balneário), atividades esportivas (track, ciclismo)
Sangradouro	Residências, cais, entretenimento e religião (bares, restaurante, sorveteria, cinema, igrejas, Daveron), saúde (farmácia, posto de saúde), comércio e prestação de serviço; captação de água, ancoradouro.
Junco	Residências, comércio de prestação de serviços (lanchonete, supermercado, material de construção, salão de beleza), concessionária, igrejas, creches, postos de saúde, postos de gasolina, borracharia, pesqueiros, pousadas, restaurantes, extração mineral, (areia) depósitos de areia; cultivo de abóbora, maxixe, mandioca, cana, banana e hortaliças; chácaras com criação de animais.
Fontes	Residências, mercados, posto de gasolina, igreja, olaria.
Olhos d'Água	Residências, laticínio, psicultura, criação de gado, porcos, galinha; cultivo de hortaliças.

Fonte: Raymundi (2023).

Na sub-bacia hidrográfica do Córrego Cachoeirinha, pratica-se a agricultura de subsistência, sendo cultivados milho, mandioca, feijão, arroz, abóbora, hortaliças, bananas e criação de animais como porcos, galinhas, bem como a produção de leite. Nos grandes latifúndios, desenvolve-se a pecuária de corte e o cultivo de grãos. Na Fazenda Bom Tempo, adotado o sistema de rotação de culturas, com alternância entre soja, milheto, milho e sorgo (Santos, 2013).

Na sub-bacia hidrográfica do córrego Salobra, observam-se diversos usos da terra, devido à presença de fazendas de grande, médio e pequeno portes, além de comunidades rurais. Destaca-se a produção de farinha de mandioca, pecuária leiteira, arroz, feijão, milho, hortaliças e legumes. O principal uso e ocupação da terra é representado pelas pastagens e a pecuária extensiva de corte, concentrada entre os latifundiários.

O uso e a ocupação dos solos na sub-bacia do córrego Jacobina são representados por práticas de agricultura de subsistência, monocultura de grãos, pecuária bovina e lazer. A agricultura de subsistência é voltada para o cultivo de banana, mandioca, piscicultura e criação de animais. Na Fazenda Grendene/Ressaca, ocorrem o cultivo intensivo de soja, milho, sorgo, além da pecuária de corte, tanto intensiva quanto extensiva. Diante da importância histórica representada pela Fazenda Jacobina, diversas atividades são

desenvolvidas além da agropecuária, incluindo a visitação na sede da fazenda, promovendo práticas de turismo histórico-cultural e recreação.

As condições de uso e ocupação na sub-bacia do córrego do Facão são similares às da sub-bacia Jacobina, visto que a fazenda Grendene/Ressaca se estende por ambas as sub-bacias. É comum a realização de leilões de gado e a divulgação da produção agropecuária em meios de comunicação.

As comunidades que vivem no assentamento Facão e Facão Bom Jardim ocupam a área da sub-bacia hidrográfica do córrego Facão e desenvolvem agricultura de subsistência e familiar, cultivando alimentos como a mandioca, milho, feijão, cana-de-açúcar, melancia, banana, laranja, pocã, abacaxi, mamão e hortaliças. Além das atividades agrícolas, ocorre a criação de animais como aves, bovino leiteiro, suíno e bovino de corte (Quadro 03).

Quadro 03: Uso e ocupação do assentamento Facão/ Facão Bom Jardim

Assentamento/ Comunidades		Usos e ocupações
Assentamento: Facão, uso e ocupação	Comunidade: Facão	Agricultura: mandioca, banana, laranja, mamão, milho, abacaxi, hortaliças, feijão, milho e arroz. Pecuária: aves, bovino leiteiro, suíno, bovino de corte.
Assentamento: Facão Bom Jardim/ uso e ocupação	Comunidade: Bom Jardim	Agricultura: Banana, mandioca, laranja, limão, mamão, pocã, milho, hortaliças, cana-de-açúcar. Pecuária: Aves, bovino leiteiro, suíno, bovino de corte. Extrativismo: cumbaru.
	Comunidade São José	Agricultura: Mandioca, banana, cana-de-açúcar, mamão, milho, hortaliças, laranja, feijão. Pecuária: criação de aves, bovino leiteiro, suíno, bovino de corte.
	Boa Esperança	Agricultura: banana, mandioca, laranja, cana-de-açúcar, mamão, hortaliças, melancia, milho. Pecuária: aves, bovino leiteiro, suíno, bovino de corte.

Fonte: Raymundi (2023).

Segundo Silva *et al.* (2016) os agricultores familiares adotaram uma nova perspectiva de sustentação econômica, baseado na diversidade de atividades desempenhadas na comunidade. Dessa forma, assumiram novos processos de exploração, cujo desenvolvimento complementa a renda familiar.

No assentamento Bom Jardim-Furnas Bom Jardim, o projeto “Natureza Viva” é realizado por mulheres que praticam atividades agroecológicas e extrativistas sustentáveis, utilizando derivados da castanha e artesanato de bucha orgânica.

Na comunidade “São José”, foi formada a associação denominada “Amigas do Cerrado”, que desenvolve a produção de diferentes alimentos oriundos do extrativismo do cumbaru, como licor, bombom, castanha torrada com sal, pão, biscoito, barras de cereal e rapadura. O grupo faz parte da Associação Regional das Produtoras Extrativistas do Pantanal (Arpep) e comercializa sua produção nas unidades escolares, pastorais da criança e asilo.

A sub-bacia do córrego Piraputanga apresenta como principais formas de uso da terra a pastagem, culturas temporárias, piscicultura, lazer/recreação, frigorífico, Aeroporto Internacional e o lixão de Cáceres que se encontra desativado. A pecuária extensiva de animais de grande e médio porte (bovinos, equinos e caprinos) e o plantio de pastagem caracterizam-se como a principal atividade econômica desenvolvida na sub-bacia. A criação desses animais, por ocorrer de forma extensiva, necessita de grandes áreas, que, em geral, são espaços desmatados para o cultivo de pastagem.

A extração de cascalho é uma atividade recente na sub-bacia, desenvolvida pela prefeitura municipal com o intuito de atender às obras de pavimentação na cidade de Cáceres (Figura 20).

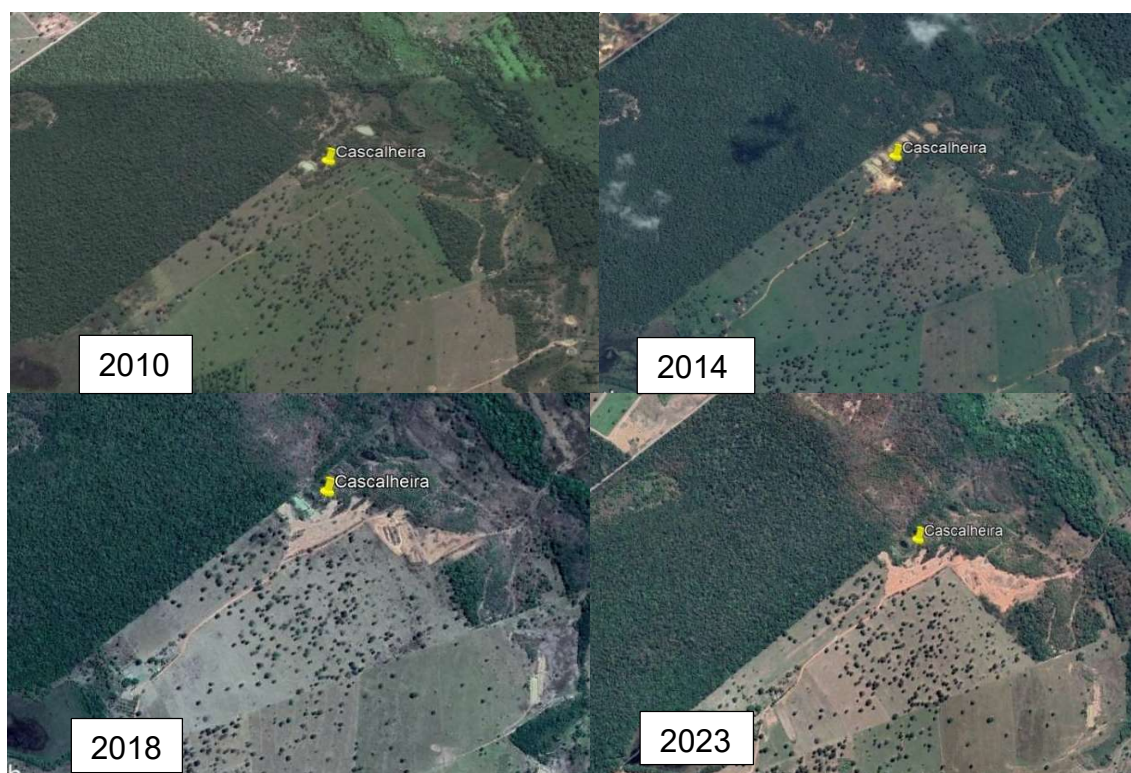


Figura 20: Expansão da área da cascalheira nos anos de 2010, 2014, 2018 e 2023. **Fonte:** Google Earth; Org. autora (2023).

A retirada de cascalho vem ocorrendo desde 2013, com intensificação nos últimos anos devido à demanda por obras e projetos de asfalto efetivados em diversos bairros da cidade. Assim, é possível observar por meio de imagens de satélite, uma grande mudança na paisagem dessa localidade.

O lazer, o turismo e as atividades esportivas são outras formas de uso dessa área. As trilhas ecológicas, os balneários, as pousadas e as atividades de mergulho são serviços oferecidos por proprietários que transformaram esse empreendimento em negócios lucrativos. A fazenda Gavião Real, o Balneário e pousada Ponta do Morro, Água Milagrosa, Balneário Serra do Sol, Águas Claras e Balneário Cachoeira Piraputanga são locais que desenvolvem atividades de lazer como forma de uso do espaço.

No âmbito urbano, a área das sub-bacias hidrográficas do Junco, Sangradouro, Fontes e Olhos d'Água apresenta um conjunto de edificações típico das áreas urbanas como vias, pontes, calçamentos, redes de água, energia comunicação, igrejas, escolas, residências e comércio. Nesses espaços, são prestados serviços básicos à sociedade, que envolvem educação, saúde, religiosidade, lazer, segurança e

Muitas famílias que residem nos bairros localizados na sub-bacia do córrego Junco (baixo curso) mantêm, em suas origens, a vivência no campo, justificando as atividades exercidas por eles na atualidade. Muitos criam galinhas, cavalos, cabras e gado, além de cultivarem cana, mandioca e hortaliças em seus lotes urbanos.

A apropriação irregular nas áreas que envolvem as margens do rio Paraguai foi realizada por pessoas com maior poder aquisitivo. Nessas localidades, foram construídas casas de veraneio, pousadas, bares, restaurantes e chácaras, além da instalação de maquinário para a extração de areia. Essa apropriação limita o acesso dos moradores ao rio.

É importante destacar que a expansão urbana nessas áreas ocorreu sem as cautelas prescritas na legislação ambiental do Código Florestal Brasileiro (Lei nº 4.771/65), considerando que esses espaços são Áreas de Preservação Permanente (APPs). O entorno do córrego Junco é ocupado por bairros residenciais e infraestrutura destinada para atender a demanda da população que reside na área, havendo trechos com chácaras, onde a ocupação é reduzida. Essa condição, no entanto, não impede o uso no entorno do córrego, visto que

nas propriedades há criação de animais e suas águas são usadas para dessedentação animal.

Durante o acelerado processo de expansão urbana na década de 1980, a Prefeitura Municipal de Cáceres, objetivando resolver os problemas de drenagem de água em uma região promissora para uso e ocupação, construiu o canal dos Fontes. Esse canal representa uma importante rede de drenagem para o escoamento das águas das áreas que antes eram alagadas durante os períodos chuvosos (Prudêncio, 2022).

Esse projeto de drenagem beneficia várias localidades na área urbana de Cáceres, além dos sete bairros drenados. Isso se deve ao fato de que, nesse ponto, há espaços de intensa circulação de pessoas que utilizam essas vias para acessar outros bairros, dentre os quais se destaca a área ocupada no entorno do córrego Olhos d'Água.

A região dos Fontes é ocupada por residências, vias, comércios e a instalação de uma olaria nas proximidades do canal. A intensa ocupação e o crescimento da malha urbana nos últimos anos resultaram no desenvolvimento de obras, objetivando melhorias na infraestrutura (Figura 21).



Figura 21: Obra de construção de ponte sobre o córrego Fontes, na cidade de Cáceres, Mato Grosso. **Fonte:** A autora (2023) Sub-bacia Fontes.

Diante dos avanços da urbanização, o foco se voltou ao córrego Olhos d'Água, resultando na retirada da vegetação para construção de residências e formação de pastagens. Nessa área, estão presentes muitas chácaras, onde

ocorrem atividades relacionadas ao cultivo de hortaliças, à pecuária de pequeno porte (galinhas, porcos e gado) e à piscicultura. As atividades comerciais atendem apenas às necessidades básicas dos residentes dessa localidade, não havendo serviços especializados em virtude do processo de ocupação da localidade abranger muitas chácaras e apresentar reduzido adensamento populacional.

3.3 Análise interpretativa dos mapas temáticos de uso e cobertura da terra das sub-bacias entre os anos 1986, 2006 e 2021

A partir da análise interpretativa dos mapas temáticos que integram o complexo de sub-bacias, considera-se que o processo de uso e ocupação ao longo dos anos de 1986 a 2021 promoveu uma redução da área vegetada (floresta/cerrado) (Quadro 04; Figura 22).

Quadro 04: Dados do uso e ocupação do complexo de sub-bacias, nos municípios de Cáceres e Porto Estrela Mato Grosso.

	1986	2006	2021
Área	km ²	km ²	km ²
Formação Florestal	915,24	751,94	739,64
Formação Savânica/Cerrado	1.179,14	861,14	794,52
Floresta Plantada		0,97	14,43
Campo Alagado e Área Pantanosa	8,34	9,11	6,69
Formação Campestre	7,76	3,74	4,15
Pastagem	212,86	857,04	904,37
Mosaico de Agricultura e Pastagem	300,17	101,95	117,64
Infraestrutura Urbana	15,22	20,74	23,19
Outras Áreas não vegetadas	8,32	12,73	9,04
Rio, Lago e Oceano	4,5	4,02	3,24
Soja	0,24	17,96	27,05
Outras Lavouras Temporárias	1,12	2,23	8,79
Complexo de sub-bacias	2.652,92	2.652,92	2.652,92

Fonte: A autora, com base no MapBiomas (2018)

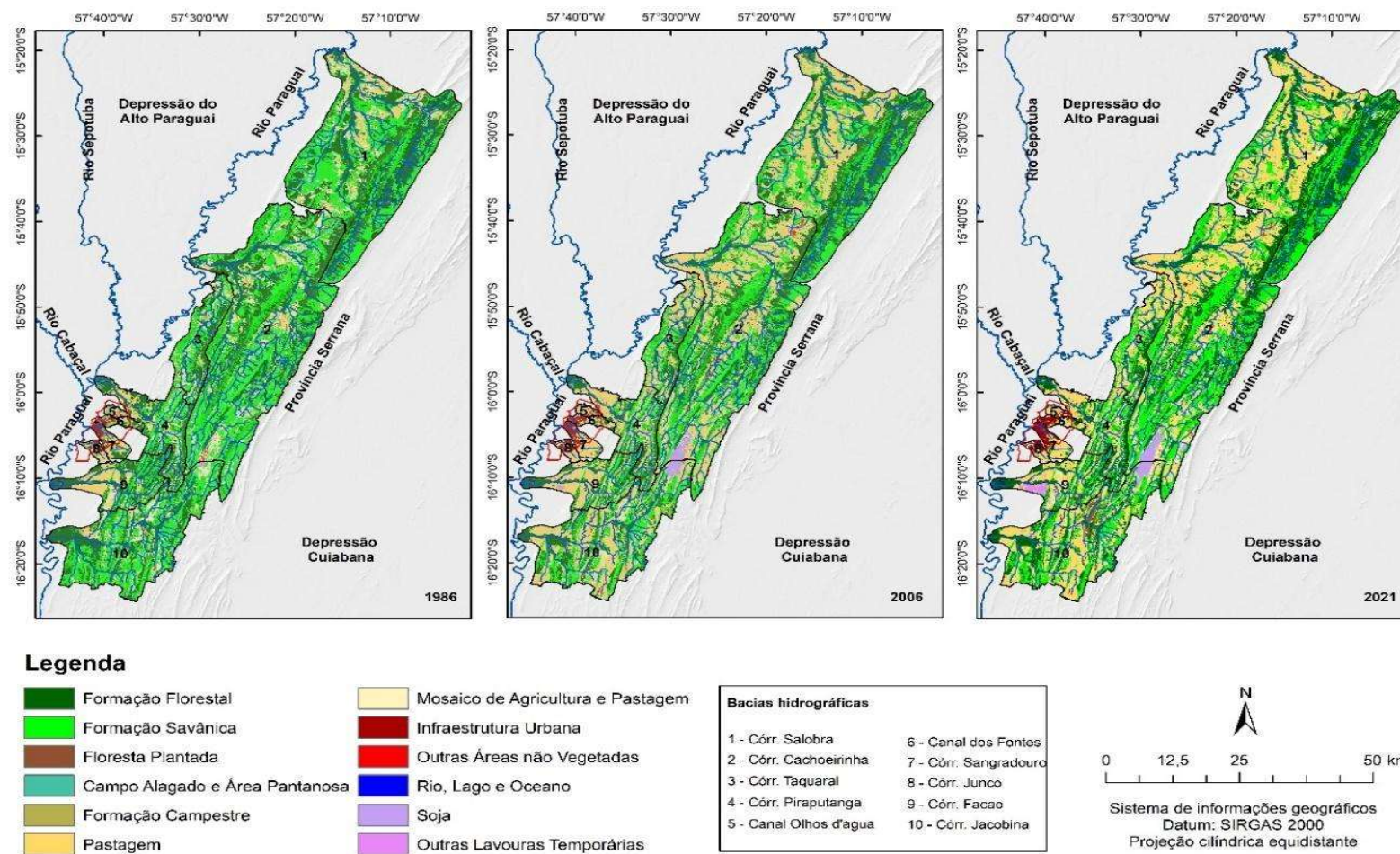


Figura 22: Mapa espaço/temporal do uso e cobertura do complexo de sub-bacias. **Fonte:** A autora (2023), organizado a partir de dados do MapBiomas.

Em 1986, a formação de florestas e cerrado somava 2.094,38 km²; em 2021, essa área registrou uma queda, apresentando 1.534,21 km². No entanto, a área antropizada, que inclui pastagem, infraestrutura urbana, soja e outras lavouras temporárias, bem como áreas não vegetadas, cresceu de 537,93 km² para 1.081,04 km².

De acordo com as informações, referentes às sub-bacias hidrográficas (Quadro 04), a pecuária exerce forte influência no uso da terra. Contudo, os dados referentes ao complexo de sub-bacias hidrográficas, demonstram a predominância de pastagens no período de 1986, revelando que, ao longo dos anos, essa atividade se consolidou e expandiu nas grandes, médias e pequenas propriedades.

A interpretação do mapa (Figura 22) atesta que as regiões com acentuado desmatamento são ocupadas por propriedades rurais que, além da pecuária, cultivam milho, sorgo e, recentemente, o cultivo da soja. A demanda por novas áreas destinadas à agricultura tem contribuído com a implantação do cultivo de soja nos últimos anos. Por essa nova realidade, as sub-bacias Salobra, Cachoeirinha, Facão e Jacobina passaram a ser dominadas por essa monocultura.

Mediante a inserção desse cultivo, foi verificado o uso de 17,96 km² em 2006, com acréscimo de 9,09 km² em 2021, de áreas que integram o complexo de sub-bacias. A falta de um manejo adequado na prática desse cultivo pode ocasionar danos evidenciados pelo assoreamento dos rios e prejuízos à biodiversidade. Segundo Calheiros *et al.* (2010), as águas dos principais rios que formam o Pantanal no Alto Paraguai estão contaminadas por pesticidas e fertilizantes utilizados principalmente na monocultura de soja, cana-de-açúcar, algodão e milho.

Na década de 1980, as sub-bacias Cachoeirinha e Jacobina começaram a expandir o cultivo de soja. É possível observar que o cultivo de soja na sub-bacia Cachoeirinha tem maior abrangência, quando comparado às sub-bacias Facão e Jacobina (Quadro 05). Ao sul da sub-bacia Cachoeirinha, o relevo menos declivoso com o solo Argissolo Vermelho contribui para a mecanização, tornando o ambiente mais propício ao cultivo da soja.

O desenvolvimento das práticas agropecuárias nas sub-bacias aumentou as áreas desmatadas. Souza (2015), afirma que a introdução de várias culturas,

dentre as quais a autora cita o arroz, feijão e milho com predominância das pastagens nas décadas de 1970 e 1980, foi uma das causas da retirada da vegetação. Os incentivos proporcionados pelo baixo custo da terra, bem como os projetos vinculados a melhorias na infraestrutura e ao acesso a financiamentos rurais, estimularam o processo de uso e ocupação, resultando, conseqüentemente na derrubada das áreas vegetadas nas décadas de 1970 e 1980 (Moreno, 2005).

A análise do mapa temporal (Figura 22) revela que, entre 1986 a 2006, a sub-bacia do córrego Facão apresentou considerável desmatamento. Durante esse período, a Fazenda Facão foi desmembrada em dois assentamentos, nos quais foram assentadas 253 famílias na região que, passaram a explorar a terra no alto e médio curso da sub-bacia. Essas pessoas foram assentadas em áreas legalmente apropriadas ao uso, respeitando a função ambiental. Por essas condições, a vegetação das serras e das margens do córrego Facão e do rio Paraguai permaneceu preservada.

O primeiro código Florestal foi instituído em 1934, pelo Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro (Brasil, 1934), com o objetivo de proteger as florestas no âmbito “conservacionista”. O artigo 4º do decreto atribuía, entre outras prescrições, a conservação dos recursos hídricos e a prevenção da erosão do solo.

Mediante a Lei Federal nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, o Código Florestal foi revogado. As alterações foram realizadas no seu artigo 1º, parágrafo 2º, estabelecendo, dessa forma, a proteção da vegetação nativa, visando preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações (Brasil, 1965). O Código Florestal de 1965 permaneceu em vigor até a publicação da Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que

Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências (BRASIL, 2012).

A Lei nº 12.651, de 2012 do Código Florestal estabelece normas para a proteção da vegetação nativa em Áreas de Preservação Permanente (APPs), reservas legais, áreas de uso restrito e áreas de exploração florestal. A referida Lei estabelece, no Art. 4º, que as faixas marginais com vegetação ciliar devem ter 30 (trinta) metros de largura para cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura e 50 (cinquenta) metros, para cursos d'água que tenham entre 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura (Brasil, 2012).

Segundo Potti (2017), entre as décadas de 1960 e 1990, houve uma série de acordos, convenções e leis visando tornar o desenvolvimento econômico menos impactante ao meio ambiente e à humanidade. Foram quatro décadas pautadas por intensas discussões, marcadas por intervenções nos impactos que ocorreram de forma lenta e, muitas vezes, por negligência.

De acordo com os dados obtidos (Quadro 04), após o ano de 2006, observou-se uma redução nos avanços do desmatamento. Entre 1986 e 2006, ocorreu a retirada de 163,3 km² de área florestada observando-se uma redução de apenas 12,3 km². O principal uso da terra entre 1986 a 2006 foi o cultivo de pastagem, seguido pelo cultivo de soja e outras lavouras temporárias. Durante os anos de 2006 a 2021, também foi crescente o uso da terra por essas atividades também cresceu, porém em menor proporção. O cultivo de lavouras temporárias, no entanto, apresentou um aumento significativo, com a área de produção passando de 2,23 km² em 2006 para 8,79 km² em 2021.

Embora os resultados obtidos signifiquem avanços, conter o desmatamento continua sendo um desafio, pois, apesar da ampla legislação, as florestas continuam a ser suprimidas. De fato, em alguns trechos da área estudada, a vegetação nativa foi retirada, deixando as margens dos cursos hídricos e as nascentes desprotegidas.

Um exemplo disso pode ser observado na sub-bacia do Córrego Piraputanga, onde foram inseridas pastagens em áreas próximas à nascente, permitindo que o gado tenha acesso direto à água. Essa situação também foi verificada na sub-bacia do córrego do Junco (Figura 23).

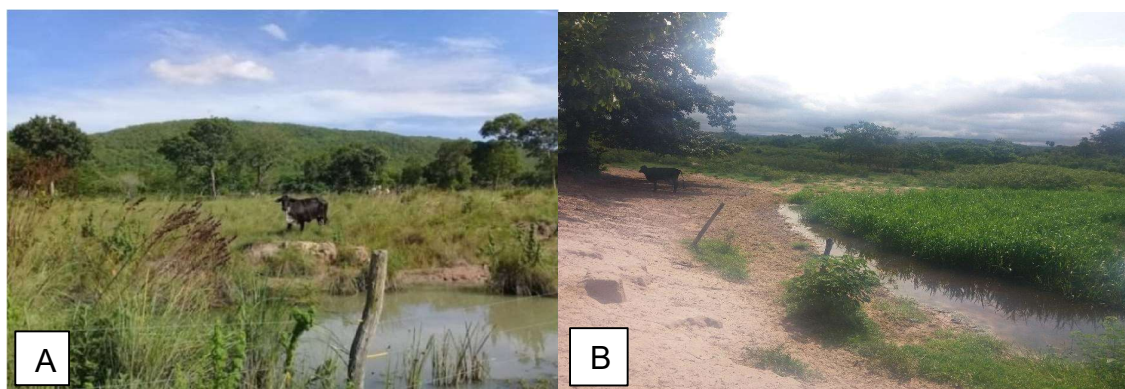


Figura 23: Expansão da pastagem e criação de bovinos em Área de Preservação Permanente na sub-bacia Piraputanga e Junco. **Fonte:** (A) Tavares (2018) – nascente do córrego Piraputanga; (B) Raymundi (2023) nascente do córrego Junco.

De acordo com a Lei nº 12.651, de maio de 2012, Código Florestal (Brasil, 2012), as nascentes são Áreas de Preservação Permanente (APPs) e, portanto, devem ser margeadas por vegetação ciliar em uma distância de um raio mínimo 50 metros. Além do Código Florestal, a Resolução CONAMA 303/2002, artigo 3º, inciso III (Brasil, 2002), estabelece as normas semelhantes para essas nascentes, conforme descrito no Código Florestal.

A extração da vegetação nativa provoca a perda da biodiversidade e do habitat que abriga a fauna e a flora. Além disso, contribui para os processos erosivos, a perda de solo, o assoreamento dos rios e a diminuição da qualidade e quantidade de água. Em áreas de preservação permanente, como as margens de rios e áreas de nascentes, esses impactos tornam-se mais acentuados.

Alguns trabalhos expõem os danos causados aos recursos hídricos em decorrência do desmatamento, dentre os quais podemos citar Kohler *et.al.* (2021), que atribuem como causa da escassez hídrica o desmatamento e a degradação ambiental na margem dos cursos hídricos e nascentes. Ações de recuperação tentam reverter a ausência de vegetação natural e restaurar a qualidade e quantidade de água. Rabelo e Araújo (2019) mapearam a erosão bruta na bacia hidrográfica do rio Seridó. Nesse estudo, os autores afirmam que a erosão bruta ocorre em áreas de declividade e de solos expostos próximos a reservatórios hídricos, onde a carga de sedimentos é considerada elevada.

É notável a redução do percentual de água no complexo das sub-bacias entre 1986 a 2021 (Quadro 04). Os dados referentes à quantidade de água

mostram que, em 1986, correspondia a 4,5 km²; em 2006, a 4,02 km² e, em 2021, esse percentual atingiu 3,24 km².

Os condicionantes ambientais que integram essas sub-bacias hidrográficas estabelecem, de forma natural, a condição de serem áreas que abrigam nascentes e cursos d'água. A alteração desse ambiente natural, em áreas agrícolas e de pastagens, pode exercer maior pressão nos recursos hídricos.

Após estudos realizados pela Arpep (2019), na região do território comunitário das comunidades tradicionais da Morraria, na Província Serrana, foi identificado que os cursos d'água são ameaçados pela expansão das áreas de pastagens e o desmatamento do Cerrado.

O desmatamento interfere no escoamento e na infiltração da água, na superfície. Desta forma, o avanço do desflorestamento e a ausência de um manejo adequado refletem uma série de alterações no meio físico, no ciclo hidrológico e no clima. Pesquisadores da Universidade de Leeds, no Reino Unido, quantificaram a relação entre áreas desmatadas em florestas tropicais (Amazonia e Congo) e a redução de chuvas. O estudo mostra que a rápida diminuição da cobertura vegetal interfere no índice pluviométrico e gera prejuízos para a fauna e flora (Flores *et al.*, 2024).

Além do espaço rural, o uso e a ocupação nas áreas urbanas também atingem a rede hidrográfica na área da sub-bacia. Os espaços urbanos, durante os períodos analisados, tiveram crescimento de 7,97 km² na área de estudo. Em 1986, a área de infraestrutura urbana correspondia a 15,22 km². Em 2006, esse número subiu para 20,74 km² e, em 2021, alcançou 23,19 km² (Quadro 04).

A análise dos dados permite identificar que o crescimento urbano foi expressivo entre os anos de 1986 a 2006, com acréscimo de 5,52 km². Esse resultado está relacionado às políticas de desenvolvimento e ao processo de migração (êxodo rural) de famílias que deixaram o campo e passaram a ocupar os espaços urbanos, expandindo a malha urbana.

Contudo, nos anos seguintes (2006 a 2021), ocorreu uma queda no ritmo de crescimento, com uma expansão de 2,45 km². A desaceleração do crescimento pode estar relacionada à redução do número de projetos de colonização e à abertura de novas frentes produtivas que atraíram mão de obra.

O avanço urbano em direção à sub-bacia do córrego Olhos d'Água possibilitou a expansão da área urbana na sub-bacia, visto que, em 2006, 0,07 km² da sua área era representada pela infraestrutura urbana. Nos últimos anos, a expansão do processo de urbanização tem se direcionado para essa região (Quadro 05). A construção do aeroporto, de um bairro residencial e de um, frigorífico, associada à necessidade de novos espaços para construção de moradias, são indicadores de que esse percentual pode aumentar nos últimos anos.

Quadro 05: Dados do uso e cobertura das sub-bacias hidrográficas da margem esquerda do rio Paraguai nos municípios de Cáceres e Porto Estrela, Mato Grosso

BACIA HIDROGRÁFICA SALOBRA						
	1986		2006		2021	
Área	km²	%	km²	%	km²²	%
Formação Florestal	312,54	41,18	286,71	37,77	281,98	37,15
Formação Savânica/Cerrado	312,07	41,11	248,48	32,87	217,53	28,66
Floresta Plantada	0	0,00	0,51	0,07	0,55	0,07
Campo Alagado e Área Pantanosa	3,62	0,48	4,02	0,53	3,5	0,46
Formação Campestre	0,96	0,13	1,12	0,15	0,66	0,09
Pastagem	61,97	8,16	201,99	26,61	238,43	31,41
Mosaico de Agricultura e Pastagem	66,8	8,80	14,22	1,87	15,8	2,08
Outras Áreas não vegetadas	0,36	0,05	0,21	0,03	0,16	0,02
Rio, Lago	0,65	0,09	0,47	0,06	0,33	0,04
Soja (39)	0	0,00	0,23	0,03	0	0,00
Outras Lavouras Temporárias	0,06	0,01	0,07	0,01	0,09	0,01
Bacia	759,03	100,00	759,03	100,00	759,03	100,00
BACIA HIDROGRÁFICA CACHOEIRINHA						
	1986		2006		2021	
Área	km²	%	km²	%	km²	%

Formação Florestal	283,28	30,22	226,42	24,16	224,4	23,94
Formação Savânica	488,62	52,13	353,87	37,75	343,14	36,61
Campo Alagado e Área Pantanosa	1,71	0,18	2,01	0,21	2,04	0,22
Formação Campestre	0,49	0,05	0,33	0,04	0,15	0,02
Pastagem	39,49	4,21	296,01	31,58	297,44	31,73
Mosaico de Agricultura e Pastagem	117,79	12,57	38,2	4,08	48,95	5,22
Infraestrutura urbana	0,28	0,03	0,33	0,04	0,35	0,04
Outras Áreas não vegetadas	5,15	0,55	9,29	0,99	5,87	0,63
Rio e Lago	0,13	0,01	0,19	0,02	0,18	0,02
Soja	0,11	0,01	9,75	1,04	14,33	1,53
Outras Lavouras Temporárias	0,26	0,03	0,91	0,10	0,46	0,05
Bacia	937,31	100,00	937,31	100,00	937,31	100,00
BACIA HIDROGRÁFICA DO TAQUARAL						
	1986		2006		2021	
Área	km²	%	km²	%	km²	%
Formação Florestal	45,83	31,80	34,26	23,77	33,82	23,47
Formação Savânica/Cerrado	63,35	43,96	46,38	32,18	38,52	26,73
Floresta Plantada	-	-	-	-	-	-
Campo Alagado e Área Pantanosa	0,14	0,10	0,15	0,10	0,13	0,09
Formação Campestre	0,04	0,03	0	0,00	0	0,00
Pastagem	10,64	7,38	55,2	38,30	64,19	44,54
Mosaico de Agricultura e Pastagem	23,27	16,15	7,68	5,33	6,95	4,82
Outras Áreas não vegetadas	0,8	0,56	0,42	0,29	0,45	0,31
Rio e Lago	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01
Soja	0	0	0	0,00	0	0
Outras Lavouras Temporárias	0,01	0,01	0	0,00	0,03	0,02

Bacia	144,11	100,00	144,11	100,00	144,11	100,00
BACIA HIDROGRÁFICA PIRAPUTANGA						
	1986		2006		2021	
Área	km²	%	km²	%	km²	%
Formação Florestal	64,26	38,44	51,37	30,73	51,56	30,84
Formação Savânica/Cerrado	55,05	32,93	41,27	24,68	39,42	23,58
Floresta Plantada	0	0,00	0,06	0,04	0,09	0,05
Campo Alagado e Área Pantanosa	0,79	0,47	1,16	0,69	0,06	0,04
Formação Campestre	0,73	0,44	0,33	0,20	1,2	0,72
Pastagem	23,8	14,24	62,06	37,12	60,09	35,94
Mosaico de Agricultura e Pastagem	20,77	12,42	9,16	5,48	13,31	7,96
Infraestrutura Urbana	0	0,00	0,07	0,04	0,08	0,05
Outras Áreas não vegetadas	0,37	0,22	0,35	0,21	0,35	0,21
Rio e Lago	1,42	0,85	1,34	0,80	0,95	0,57
Soja	0	0,00	0	0,00	0,02	0,01
Outras Lavouras Temporárias	0	0,00	0,02	0,01	0,06	0,04
Bacia	167,19	100,00	167,19	100,0	167,19	100,00
BACIA HIDROGRAFICA FACÃO						
	1986		2006		2021	
Área	km²	%	km²	%	km²	%
Formação Florestal	58,03	38,93	45,64	30,66	43,68	29,34
Formação Savânica/Cerrado	40,66	27,28	33,53	22,52	29,79	20,01
Floresta Plantada	0	0,00	0,01	0,01	1,39	0,93
Campo Alagado e Área Pantanosa	0,52	0,35	0,23	0,15	0,08	0,05
Formação Campestre	0,4	0,27	0,45	0,30	0,16	0,11
Pastagem	33,4	22,41	62,33	41,87	55,37	37,19
Mosaico de Agricultura e Pastagem	14,17	9,51	4,22	2,83	7,14	4,80

Infraestrutura Urbana	-	-				
Outras Áreas não vegetadas	0,23	0,15	0,04	0,03	0,07	0,05
Rio e Lago	1,64	1,10	1,45	0,97	1,34	0,90
Soja	0	0,00	0	0,00	2,88	1,93
Outras Lavouras Temporárias	0	0,00	0,98	0,66	6,98	4,69
Bacia	149,05	100,00	148,88	100,00	148,88	100,00
BACIA HIDROGRÁFICA JACOBINA						
	1986		2006		2021	
Área	km²	%	km²	%	km²	%
Formação Florestal	138,64	32,24	103,26	24,01	99,02	23,03
Formação Savânica/Cerrado	214,11	49,79	135,91	31,61	124,07	28,35
Floresta Plantada	0	0,00	0,39	0,09	12,4	2,88
Campo Alagado e Área Pantanosa	0,9	0,21	0,9	0,21	0,79	0,18
Formação Campestre	1,15	0,27	0,35	0,08	0,74	0,17
Pastagem	15,47	3,60	150,02	34,93	154,48	35,93
Mosaico de Agricultura e Pastagem	57,05	13,27	28,32	6,59	25,38	5,90
Infraestrutura Urbana						
Outras Áreas não vegetadas	1,41	0,33	2,42	0,56	2,14	0,50
Rio e Lago	0,35	0,08	0,14	0,03	0,23	0,05
Soja	0,13	0,03	7,98	1,86	9,78	2,27
Outras Lavouras Temporárias	0,78	0,18	0,12	0,03	0,96	0,22
Bacia	429,99	100,00	429,99	100,00	429,99	100,00
BACIA HIDROGRÁFICA OLHOS D'ÁGUA						
	1986		2006		2021	
Área	km²	%	km²	%	km²	%
Formação Florestal	1,01	11,58	0,25	2,87	0,26	2,98

Formação Savânica/Cerrado	0,58	6,65	0,25	2,87	0,13	1,49
Floresta Plantada	-					
Campo Alagado e Área Pantanosa	0,11	1,26	0,24	2,75	0,02	0,23
Formação Campestre	1,39	15,94	0,45	5,16	0,24	2,75
Pastagem	4,5	51,61	5,53	63,42	5,79	66,40
Mosaico de Agricultura e Pastagem	-					
Infraestrutura Urbana	1,12	12,84	1,99	22,82	2,27	26,03
Outras Áreas não vegetadas	-					
Rio e Lago	0	0,00	0	0,00	0,01	0,11
Soja	-					
Outras Lavouras Temporárias	0,01	0,11	0,01	0,11	0	0,00
Bacia	8,72	100,00	8,72	100,00	8,72	100,00
BACIA HIDROGRÁFICA FONTES						
	1986		2006		2021	
Área	km²	%	km²	%	km²	%
Formação Florestal	4,58	27,71	2,73	16,52	2,67	16,15
Formação Savânica/Cerrado	1,59	9,62	0,79	4,78	0,55	3,33
Floresta Plantada	-					
Campo Alagado e Área Pantanosa	0,03	0,18	0,2	1,21	0	0,00
Formação Campestre	1,75	10,59	0,46	2,78	0,32	1,94
Pastagem	4,66	28,19	7,33	44,34	7,51	45,43
Mosaico de Agricultura e Pastagem	0,01	0,06	0,01	0,06	0,01	0,06
Infraestrutura Urbana	3,85	23,29	4,93	29,82	5,45	32,97
Outras Áreas não vegetadas	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Rio e Lago	0,06	0,36	0,05	0,30	0,01	0,06
Soja						

Outras Lavouras Temporárias	0	0,00	0,03	0,18	0,01	0,06
Bacia	16,53	100,00	16,53	100,00	16,53	100,00
BACIA HIDROGRÁFICA SANGRADOURO						
	1986		2006		2021	
Área	km²	%	km²	%	km²	%
Formação Florestal	6,11	22,03	1,01	3,64	1,8	6,49
Formação Savânica/Cerrado	1,84	6,63	0,58	2,09	1,07	3,86
Floresta Plantada	-					
Campo Alagado e Área Pantanosa	0,33	1,19	0,1	0,36	0,05	0,18
Formação Campestre	0,34	1,23	0,14	0,50	0,38	1,37
Pastagem	11,51	41,49	16,26	58,62	13,88	50,04
Mosaico de Agricultura e Pastagem	0,31	1,12	0,14	0,50	0,1	0,36
Infraestrutura Urbana	7,23	26,06	9,17	33,06	10,23	36,88
Outras Áreas não vegetadas						
Rio e Lago	0,07	0,25	0,28	1,01	0,11	0,40
Soja						
Outras Lavouras Temporárias	0	0,00	0,06	0,22	0,12	0,43
Bacia	27,74	100,00	27,74	100,00	27,74	100,00
BACIA HIDROGRÁFICA DO JUNCO						
	1986		2006		2021	
Área	km²	%	km²	%	km²	%
Formação Florestal	0,96	7,25	0,29	2,19	0,45	3,40
Formação Savânica/Cerrado	1,27	9,58	0,08	0,60	0,3	2,26
Floresta Plantada						
Campo Alagado e Área Pantanosa	0,19	1,43	0,1	0,75	0,02	0,15
Formação Campestre	0,51	3,85	0,11	0,83	0,3	2,26
Pastagem	7,43	56,08	0,31	62,72	7,19	54,26

Mosaico de Agricultura e Pastagem						
Infraestrutura Urbana	2,74	20,68	4,25	32,08	4,81	36,30
Outras áreas não vegetadas						
Rio e Lago	0,15	1,13	0,08	0,60	0,06	0,45
Soja	0	0,00	0	0,00	0,04	0,30
Outras Lavouras Temporárias	0	0,00	0,03	0,23	0,08	0,60
Bacia	13,25	100,00	13,25	100,00	23,25	100,00

Fonte: Raymundi (2021).

É importante ressaltar que o processo de uso e ocupação, interfere na estabilidade do ambiente natural, devendo haver uma política eficaz no planejamento ambiental, que possa garantir a conservação das estruturas naturais. Segundo Honda *et al.* (2015) o processo de urbanização do Brasil, na década de 1960, inseriu muitos desafios relativo às políticas públicas, gestão e organização no território municipal. As causas e consequências dos impactos são pautas recorrentes, bem como as discussões que estabeleceram mecanismos legais para reverter os danos existentes e coibir futuros impactos ambientais.

Ao contrário da expansão urbana nas décadas de 1960 a 1980, que suprimiu os rios, os espaços urbanizados próximos esses cursos d'água devem integrar as políticas públicas ambientais, objetivando ações e diretrizes voltadas ao adequado uso do solo (Oliveira *et al.*, 2020). A proteção das margens dos córregos, promover a estrutura eficiente de saneamento básico, incentivar calçadas ecológicas e arborização dos espaços são ações simples, que cada cidadão(ã) pode efetivar.

Segundo Cruz (2013), a expansão urbana na cidade de Cáceres não foi diferente da realidade brasileira, em relação à relevância dos rios e córregos urbanos. O autor expõe o desprezo por esses cursos hídricos, devido a seus leitos terem sido alterados, canalizados, aterrados e suas matas ciliares degradadas e extintas. Gradativamente, a morfologia desses rios é modificada, transformando-se em locais degradados e depreciados.

As bacias urbanas, assim como os espaços rurais, tiveram uma redução de área referente aos recursos hídricos (Quadro 05). Os impactos das áreas urbanas, produzidos por terraplanagem, calçamento, retirada da mata ciliar, retificação dos canais e aterramento de nascentes, provocaram impactos que se refletem tanto na qualidade como na quantidade desse recurso.

É crescente o uso da terra voltado para o cultivo de pastagem nas sub-bacias Salobra, Cachoeirinha, Taquaral, Jacobina, Olhos D'Água e Fontes. Para o cultivo de lavouras temporárias, apresentou um crescimento discreto nas sub-bacias Salobra, Taquaral, Piraputangua, Facão, Jacobina, Sangradouro e Junco (Quadro 05). Em relação ao uso por pastagem, destaca-se o crescimento desse cultivo nas sub-bacias Taquaral com crescimento de 44,54%, Cachoeirinha com 31,73% e Salobra com 31,41%. É verificado que a sub-bacia Facão obteve o maior crescimento do uso da terra pelo cultivo de lavouras temporárias (4,69%).

O desmatamento verificado pela análise dos dados ao longo dos 35 anos, nas áreas de uso e ocupação das sub-bacias, contribuiu com a degradação dos cursos hídricos. A atenção aos problemas ambientais, bem como a conservação e recuperação da vegetação em Áreas de Preservação Permanente, são importantes e necessárias para evitar danos em escalas maiores. As águas provenientes dessas sub-bacias abastecem o rio Paraguai, um importante rio para o equilíbrio do bioma Pantanal.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo histórico de uso e ocupação no complexo de sub-bacias hidrográficas da margem esquerda do rio Paraguai, nos municípios de Cáceres e Porto Estrela, Mato Grosso, teve como base a ocupação indígena, seguida pela dos imigrantes portugueses, que se estabeleceram no território por meio da política de terra sesmaria no século XVIII, visando a interesses econômicos.

As sesmarias possibilitaram a formação de importantes fazendas como Facão, Jacobina e Ressaca, e promoveu o agrupamento de povos tradicionais na Morraria, além dos núcleos urbanos de Cáceres e Porto Estrela. As atividades econômicas foram fundamentais para estabelecimento das comunidades nesse primeiro momento, como também ao longo dos anos.

O direcionamento político dos anos 1970 teve como base a relação entre o desenvolvimento de uma política de reorganização econômica e territorial, que atraiu imigrantes a adquirir propriedades rurais nas áreas das sub-bacias. A ocupação dos imigrantes, com destaque para as bacias Cachoeirinha, Taquaral e Piraputanga, resultou no choque das diferentes identidades culturais, no deslocamento de algumas comunidades tradicionais e na introdução de novas atividades econômicas.

A ocupação das sub-bacias Jacobina e Facão ocorreu a partir da formação das antigas fazendas. Após a divisão de parte da terra, houve a distribuição para várias famílias por intermédio do financiamento rural, em dois assentamentos, Facão e Facão/Bom Jardim na bacia do córrego Facão.

Os incentivos do governo contribuíram com o processo de urbanização, possibilitando a emancipação de Porto Estrela em dezembro de 1991 e a expansão da malha urbana em Cáceres. O rápido crescimento populacional entre os anos de 1985 e 1996, associado à falta de planejamento e infraestrutura adequada, provocou a degradação dos cursos hídricos durante a expansão urbana na sub-bacia Sangradouro, Junco, Olhos d'Água e Fontes.

Na atualidade o uso e a ocupação das sub-bacias rurais são realizados por pecuaristas e agricultores que praticam a agricultura de subsistência e a monocultura em extensas propriedades. As atividade de lazer vêm se destacando nas sub-bacias Piraputangua e Jacobina. Nas áreas urbanas, as múltiplas atividades estão direcionadas ao comércio e à prestação de serviços.

A análise dos mapas temáticos permitiu concluir que o cultivo de pastagens voltado para pecuária de gado é a principal atividade econômica, sendo responsável pelo avanço do desmatamento. Os dados alertaram para a ausência de vegetação em trechos dos cursos dos rios e nascentes, além da redução na quantidade de água ao longo de 35 anos.

5. REFERÊNCIAS

ANA, Agência Nacional das Águas. Catálogo de metadados da ANA. **Uso da terra**. Dez, 2016. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/d56de925-d890-4fc9-8ab1-15ecd1b6d8c7> . Acesso em: 12 mar. 2022.

ARAUJO, R. M. A urbanização da Amazônia e do Mato Grosso no século XVIII povoações civis, decorosas e úteis para o bem comum da coroa e dos povos. **Anais do Museu Paulista**. São Paulo. v. 20. n.1.p.41-76- jan-jun.2012. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/anaismp/article/view/39808/42672>. Acesso em: 29 de nov. 2022.

ARPEP, Associação Regional das Produtoras do Pantanal. **A sociobiodiversidade do cerrado da morraria como herança do futuro**. Cáceres, MT dez. 2019.

AGUIAR, M. V. A. Invisibilidade camponesa e desperdício de experiências no estado de Mato Grosso: aprendizados a partir da agroecologia. In: VIII Congresso Latinoamericano de Sociologia Rural, Porto de Galinhas-PE. **Anais**. 2010. Disponível em: https://www.mds.gov.br/webarquivos/arquivo/assistencia_social/consulta_publica/Informativo%20PCT.pdf . Acesso em: 15 de nov. 2023.

ALBARELLO, T. H. o Programa Cura I em Santa Maria (1979 e 1985). In: XI Encontro estadual de história. 11. 2012. Rio Grande do Sul, RS. **ANAIS** Santa Maria. Anpuhrs. P. 1056-1072. Disponível em: http://www.eeh2012.anpuhrs.org.br/resources/anais/18/1346362267_ARQUIVO_OProgramaCURAlemSantaMaria_1979-1985_.pdf. Acesso em: 16 de nov. 2023.

BRASIL. **Resolução CONAMA n. 303, de 20 de março de 2002**. Dispões sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente, Brasília-DF, mar. 2002.

BRASIL. **Lei nº. 23.793 de 23 de janeiro de 1934**. Decreta o Código Florestal. Rio de Janeiro, DF: Presidência da República, 1934. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/d23793.htm Acesso em 27 de nov. de 2023.

BRASIL. **Lei nº. 4771 15 de setembro de 1965**. Decreto Federal nº. 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Código Florestal. Rio de Janeiro, DF: Presidência da República 1965. Disponível: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4771impressao.htm Acesso em: 13 fev. 2023.

BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília: Casa Civil, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso em: 13 fev. 2023.

CALHEIROS, D. F. FERRACINI, V. L.; QUEIROZ, S. L. Contaminação por agrotóxicos nas águas da bacia Alto Paraguai. Embrapa Pantanal. In: 3º Seminário de agroecologia do Mato Grosso do Sul, 2º encontro de produtores agroecológicos. 3, 2010, Corumbá, MT, **Anais**. Corumbá MS nov. de 2010, p. 1-5. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/869802/1/sp17344.pdf> Acesso em: 23 de nov. de 2023.

CARVALHO, C. G. **Mato Grosso: Terra e povo- um estudo de geo-história.** Cuiabá, MT. Verdepantanal, 2001.

CIDREIRA-NETO, I. R. G.; RODRIGUES, G. G. Relação homem-natureza e os limites para o desenvolvimento sustentável. **Revista Movimentos sociais & Dinâmicas Espaciais.** Recife, v. 6, n. 2, p. 142-156, dez. 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/revistamseu/article/view/231287/25644>. Acesso em: 24/11/2023.

COELHO, M. F. B.; TEIXEIRA, V. A.; AZEVEDO, R. A. B.; ALBUQUERQUE, M. C. F. Propagação da poaia (*Psychotria ipecacuanha*) em diferentes substratos e posicionamento das estacas. **Hortic. Bras.**, v.31, n.3, jul-set. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/ywvxh43hL4S5vVk5tfJyHTj/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 11 de nov. 2023.

COELHO, V. H. R.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ALMEIDAS, C. N.; LIMA, E. R. V.; NETO, A. R.; MOURA, G. S. S. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola.** Campina Grande, PB, v.18, n.1, p. 64-72, set. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/7hTsMfpbbPzGYzMTWwP6spw/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 03 de nov. 2023.

CORTEZ, A. T. C. O lugar do homem na natureza. **Revista do departamento de Geografia- USP.** v.22 p. 29-44, nov. 2011. Disponível em: <https://revistas.usp.br/rdg/article/view/47218>. Acesso em: 3 de março 2023.

COSTA, R. O. **Comunidade Boa Esperança: aspectos socioambientais ligados à agricultura familiar camponesa, um estudo de caso na microbacia Facão, Cáceres, MT.** 2008. 253f. Dissertação (Mestrado), Pós-graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Estado de Mato Grosso. Cáceres, MT 2008. Disponível em: <http://portal.unemat.br/media/oldfiles/prppg/docs/87>. Acesso em: 26 de nov. 2023.

CUNHA, S. B. Canais fluviais e a questão ambiental. *In*: CUNHA, S.B.; GUERRA, A. J. T. **A questão ambiental: diferentes abordagens.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012, p. 219-238.

CUNHA, L. H.; COELHO, M. C. N. Política e Gestão Ambiental. *In*: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **A questão ambiental: diferentes abordagens.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012, p. 219-238.

CUNHA, S. B. GUERRA, A. J. T. Degradação Ambiental. *In*: GUERRA, A. J.T. CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente.** Rio de Janeiro. Ed. Bertrand Brasil, 2012 p.337-379.

CRUZ, J. S. **Ordenamento territorial urbano e suas implicações nos canais de drenagem em Cáceres, Mato Grosso.** 2013. 114f. Dissertação (Mestrado

em Ciências Ambientais) Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais universidade do Estado do Mato Grosso, Cáceres, MT 2013.

CRUZ, J. S. B. **Caracterização Ambiental ocupação e uso da terra e Dinâmica fluvial na Bacia hidrográfica do Córrego Facão no município de Cáceres**. 2015, 100f. Dissertação (Mestrados em Geografia), Faculdade de Ciências Humanas, Universidade do Estado do Mato Grosso, Cáceres, MT, 2015.

CRUZ, A.; GHIDORSI, J. D. A influência das sesmarias na estrutura fundiária do Brasil. **Revista Internacional Consinter de Direito**. São Paulo. v. 9. n.16. Jan. 2023.

Disponível em: <https://revistaconsinter.com/index.php/ojs/article/view/466/822>

Acesso em: 14 set. 2023.

DIEGUES, A. C., ARRUDA, R. S. V., SILVA, V. C. F.; FIGOLS, F. A. B.; ANDRADE, D. **Os Saberes Tradicionais e a Biodiversidade no Brasil**. Ministério do Meio Ambiente. Dos recursos hídricos e da Amazônia Legal, NUPAUB: Núcleo de pesquisas sobre populações humanas e áreas úmidas brasileiras. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1999. Disponível em: <http://livroaberto.ibict.br/bitstream/1/750/2/Biodiversidade%20e%20comunidade%20tradicionais%20no%20Brasil.pdf;Saberes> Acesso em: 15 de nov. 2023.

FLORES, B. M.; MONTOYA, E.; SAKSCHEWSKI, B.; NASCIMENTO, N.; STAAL, A.; BETTS, R. A.; LEVIS, C.; LAPOLA, D. M.; MUELBERT, A. E.; JAKOVAS, C.; NOBRE, C. A.; OLIVEIRA, R. S.; BORMA, L.S.; NIAN, D.; BOERS, N.; HECHT, S. B.; STEEGE, H.; ARIEIRA, J.; LUCAS, L. I.; BERENGUER, E.; MARENGO, J. A.; GATTI, V. L.; MATTOS, C. R. C.; HIROTA, M. Critical transitions in the Amazon forest system. **Nature** v. 626, n.7999 p. 555-564 14 february 2024. Disponível em: <https://acervo.socioambiental.org/sites/default/files/documents/m1d00052.pdf> Acesso em: 06 de abril de 2024.

FIORESE, C. H. U. Dinâmica do uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do rio Fruteiras Estado do Espírito Santo, Brasil. **Labor&Engenho**. Campinas, SP, v.15, p. 1-12, jun., 2021. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/labore/article/view/8668057/27818> . Acesso em: 14 de set. 2023.

FUNARO, J. S.; SOUZA, A. C., LEANDRO, G. R. S.; GALBIATI, C.; SANTOS, M. Médio curso da bacia hidrográfica do córrego Piraputanga, no município de Cáceres – Mato Grosso: Uso da terra e alterações ambientais. **Revista brasileira de geografia física**. v. 15, n. 06, p. 2831-2852, set. 2022.

HIGA, T. C. S. Processo de ocupação e formação territorial. In: MORENO, G.; HIGA, T. C. S. **Geografia de Mato Grosso. Território, sociedade, ambiente**. Cuiabá: Entrelinhas, 2005 p. 18-35.

HONDA, S. C. A. L.; VIEIRA, M. C.; ALBANO, M. P.; MARIA, Y. R. Planejamento ambiental e ocupação do solo urbano em Presidente Prudente

(SP). urbe. **Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management)**, Presidente Prudente, SP. v.7, n.1, p. 62-73 jan./abr. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/urbe/a/3msfz8BNTsTT3zhDNJxrQtR/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 2 de out. 2023.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Monitoramento da cobertura e uso da terra do Brasil 2016-2018**. Rio de Janeiro 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/15831-cobertura-e-uso-da-terra-do-brasil.html> . Acesso em: 12 de mar. de 2023.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades e estados 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mt/porto-estrela.html>. Acesso: 12 de março 2023.

KOHLER, M. R.; BAMPI, A. C.; CASTRILLON, S. K. I.; LIMA, T. E. Desmatamento e degradação das microbacias hidrográficas de captação ao abastecimento urbano: A produção de déficit hídrico na cidade de Alta Floresta, MT. **Ciência Geográfica-Bauru- XXV- vol. XXV-3 jan-dez**, p.998-1021. Disponível em: https://www.agbbauru.org.br/publicacoes/revista/anoXXV_3/agb_xxv_3_web/agb_xxv_3-12.pdf. Acesso em: 02/08 2024.

LEANDRO, G. R. S.; ROCHA, P. C. Expansão Agropecuária e degradação ambiental na bacia hidrográfica do rio Seputuba- Alto Paraguai, Mato Grosso-Brasil. **Soc. Nat. Urbelândia**, MG, v.31, p. 1-22, jan 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/T8hxyzPmQxdk8DQbkk3qZ68d/?format=pdf&lang=pt> . Acesso em: 29/07/2024.

LEITE, E. F.; ROSA, R. Análise do uso, ocupação e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Formiga, Tocantins. **OBSERVATORIUM: Revista Eletrônica de Geografia**, v.4, n.12, p. 90-106, dez. 2012. Disponível em: <file:///C:/Users/veron/Downloads/admin,+05+art+5+an%C3%A1lise+do+uso.pdf> Acesso em: 03 de nov. 2023.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo ed. EPU, 1986.

MARTINELLI, M. As cartografias e os atlas geográficos escolares. **Revista ANPEGE**, São Paulo, SP, v. 7, n. 1, número especial, p. 251-260, out. 2011. Disponível em: [file:///C:/Users/veron/Downloads/eduufgd,+2011070121%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/veron/Downloads/eduufgd,+2011070121%20(1).pdf). Acesso em: 09 de nov. de 2023.

MENDES, I. A. S.; COSTA, A. M. Mudança temporal no uso e cobertura da terra na Bacia do Alto Rio das Velhas. **RA'EGA**, Curitiba, PR, v 55, p.154-175, dez. 2022. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega> Acesso em: 03 de nov. 2023.

MENDES, N. F. **História de Cáceres: História da Administração Municipal**. Cáceres - MT: Editora Unemat, 2009.

MENEZES, J. P. C.; BITTENCOURT, R. P.; FARIAS, M. S.; BELLO, I. P.; FIA, R.; OLIVEIRA, L. F. C. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. Rio de Janeiro, RJ **Engenharia Sanitária Ambiental**. v.21, n.3 p.519-534, set. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/9WBFsRNdrzqJcrZnPXSgDyM/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 04 de nov. 2023.

MOREIRA, T. R.; SANTOS, E. C.; NOBREGA, G. T.; CARVALHO, S. R. B. O impacto da ação antrópica no meio ambiente: aquecimento global. **Revista Educação em Foco**. São Paulo, n.14, p. 22- 27, junho 2022. Disponível em: <https://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2022/06/O-IMPACTO-DA-A%C3%87%C3%83O-ANTR%C3%93PICA-NO-MEIO-AMBIENTE-AQUECIMENTO-GLOBAL-p%C3%A1g-22-a-27.pdf> . Acesso em: 03 de mar. 2023

MORENO, G. Políticas e estratégias de ocupação. *In* MORENO, G.; HIGA, T. C. S. **Geografia de Mato Grosso Território, sociedade, ambiente** Cuiabá: Entrelinhas, 2005 p. 34-51.

NASCIMENTO, F. R.; CARVALHO, O. Ocupação, uso da terra e economia sustentável na bacia metropolitana do Pacoti-Nordeste do Brasil-Ceará. **Revista da casa da Geografia de Sobral**, Sobral, v. 4, n.5, p.101-103, janeiro/2003. Disponível em: <https://rcgs.uvanet.br/index.php/RCGS/article/view/82/79> Acesso em: 28 de outubro de 2023.

OLIVEIRA, A. U. Territórios e expropriação. *In*. MORENO, G.; HIGA, T.C.S. **Geografia de Mato Grosso. Território, sociedade, ambiente**. Cuiabá: Entrelinhas, 2005.

OLIVEIRA, A. S.; SILVA, A. M.; MELLO, C. R. Dinâmica da água em áreas de recarga de nascentes em dois ambientes na Região Alto Rio Grande, Minas Gerais. **Eng Sanit Ambient**. Lavras, MG. v.25 n.1, p. 59-67, jan/fev 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/ywkRF5fb4Cyt4bpPMh6wmm/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 23 de out.de 2023.

OLIVEIRA, J. S.; SOUZA, C. A.; SOUSA, J. B. Impacto do uso e ocupação da terra na cobertura pedológica de Neossolo Quartzarênico Órtico típico na cabeceira de drenagem do rio Branco. **geoAraguaia**. v.13, n. esp. cad. n.1, p.245-265, jul. 2023. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/15468> .Acesso em: 28/07/2024.

POQUIVIQUE, A. S. **Comunidade Santana, Cáceres (MT): territorialidades e (re)existência no lugar**. 2020. 95f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Programa de Pós-Graduação em Geografia- Universidade do Estado do Mato

Grosso- UNEMAT, Cáceres, MT, 2020. Disponível em:
[http://portal.unemat.br/media/files/PPGGEO/Disserta%C3%A7ao%20Alessandro%20Poquiviqui%20\(1\).pdf](http://portal.unemat.br/media/files/PPGGEO/Disserta%C3%A7ao%20Alessandro%20Poquiviqui%20(1).pdf). Acesso em: 19 de nov. 2023.

POTT, C. M.; ESTRELA, C. C. Histórico ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento. **ESTUDOS AVANÇADOS**. São Paulo, SP v. 31 n. 89, 2017 p.271-283, jan-abr 2017. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/ea/a/pL9zbDbZCwW68Z7PMF5fCdp/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 29 de nov. 2023.

PIRES, V. R. O.; GARCIA, M. A.; MARTINES, M. R.; TOPPA, R. H. Mapeamento do uso e ocupação da terra como subsídio para o planejamento ambiental. **Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**. Guarapuava, PR. v.12, Ed. Especial, p.899-909, novembro 2016; Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/4345>. Acesso em: 03 jun. 2022.

RABELO, D. R.; ARAÚJO, J. C. Estimativa e mapeamento da erosão bruta na bacia hidrográfica do Rio Seridó, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. São Paulo v. 20, n° 2 abr-jun p.361- 372, 2019. Disponível em:
<https://www.rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1414/386386438>. Acesso em: 02/08/2024.

RODRIGUES, L. C.; NEVES, S. M. A, MENDES, M. F.; ROBERTO, V.; KREITLOW, J. P. Antropização em assentamentos rurais de Cáceres/MT e suas repercussões no estado de conservação da paisagem. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v.14, n.35, p.165-184 mai./ago. de 2020. Disponível em: <https://revista.ufrb.br/actageo/article/view/5881/3094>. Acesso em 14 de nov. 2023.

SANTOS, L.; ZAMPARONI, A. G. P. Evolução demográfica e influência no uso e ocupação do solo urbano em Cáceres (MT) entre 1940 e 2010. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v. 6, n. 13, p. 117-136 set/dez 2012. Disponível em:
<https://revista.ufrb.br/actageo/article/view/658/917>. Acesso em: 24/08/2024

SANTOS, M. S. **Uso, ocupação da terra e dinâmica fluvial da bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha no município de Cáceres, Mato Grosso**. 2013. 148 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Estado de Mato Grosso, Cáceres/MT, 2013.

SILVIA, L. C. O processo de nomeação das fazendas-engenhos de Cáceres-MT. **Revista Avepalavra. Alto Araguaia**. ed. 11, 2011. Disponível em:
<https://revista.unemat.br/avepalavra/EDICOES/11/artigos/O%20processo%20de%20nomeacao%20das%20fazendas%20engenhos%20de%20Caceres%20%20MT.pdf> . Acesso em: 29/07/2024.

SILVIA, M. A.; NEVES, R. J.; NEVES, S. M. A. S. Possibilidades de incorporação do processo do cumbaru do assentamento Facão, Fumaça São José, na cadeia produtiva do turismo rural: estudo de caso na fronteira Brasil/

Bolívia. **INTERAÇÕES**, Campo Grande, MS, v. 17, n. 4, p. 591-605, out./dez. 2016. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/inter/a/NY6W8g9BgqR44c5d6WDzZRc/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 28 de nov. 2023.

SOUZA, C. A. **Bacia hidrográfica do córrego Piraputanga/MT: Avaliação da dinâmica atual**. 1998. 117f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, 1998.

SOUZA, C. A.; CUNHA, S. B. Feições morfológicas do rio Paraguai e sua dinâmica entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã-MT. In: SOUZA, C. A. (Org.). **Bacia hidrográfica do rio Paraguai – MT: dinâmica das águas, uso, ocupação e degradação ambiental**. São Carlos-SP: ed. Cubo, 2012. p. 81 – 94.

SOUZA, I. C. **Bacia Hidrográfica do Córrego Salobra: Caracterização Ambiental, Uso e Ocupação da Terra e Dinâmica Fluvial no Município de Porto Estrela Mato Grosso**. 2015, 177f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) Universidade do Estado do Mato Grosso, Cáceres MT, 2015.

SOUZA, M. M.; GASTALDINI, M. C. C. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. **Engenharia Sanitária Ambiental**. v.19, n.3, p. 263-274 jul/set 2014. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/esa/a/LGHjSGCrD9fgGKzFwnnRZhG/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 03 de mar. de 2023.

TAVARES, C. **Bacia do Córrego Piraputanga, Cáceres-Mato Grosso: Qualidade da água, aspectos físicos do solo e a capacidade de uso da terra**. 152f. Dissertação (mestrado em Geografia), Faculdade de Ciências Humanas. Universidade do Estado do Mato Grosso, Cáceres MT, 2020.

TEIXEIRA, V. A.; COELHO, M. F. B.; MING, L. C. Poaia [*Psychotria ipecacuanha* (Brot.) Stoves]: aspectos da memória cultural dos poaieiros de Cáceres - Mato Grosso, Brasil. **Rev. Bras. Med.** Botucatu, v.14, n.2, p. 335-343, set. 2012.
 Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rbpm/a/FBNNtw8477WKwdfHKRTBTsp/abstract/?lang=pt> .Acesso em: 10 de nov. 2023.

VAEZA, R. F.; OLIVEIRA FILHO, P. C.; MAIA, A. G.; DISPERATI, A. A. Uso e ocupação do solo em bacia hidrográfica urbana a partir de imagens orbitais de alta resolução. **Floresta e Ambiente**. v.17, n.1 p. 23-29. jun. 2010. Disponível em: <https://www.floram.org/article/10.4322/floram.2011.003/pdf/floram-17-1-23.pdf>. Acesso em: 03 de nov. 2023.

VILA NOVA, F. V. P.; TORRES, M. F. A.; COELHO, M. P. Uso e ocupação da terra e indicadores ambientais de impactos negativos: baixo curso do rio São Francisco, estado de Alagoas, Brasil. **Bol.geogr.** Maringá, v.33, n.1, p.1-14, jan-abr., 2015. Disponível em:
https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/22352/pdf_41. Acesso em: 22 de nov.2023.

XAVIER, P. S.; SILVIA, N. S.; SILVA, T. P. Trajeto de Cáceres á Porto Estrela: uma abordagem das relações sociedade e região. **Geografia, Educação e Sociedades- GeoAmbES**. v.3, n. 1, p66-77, jan.jun. 2020. Disponível em: <https://periodicos.unemat.br/index.php/geoambes/article/view/4248/3395>. Acesso em: 29/07/2024.

ZATTAR, N. Maria Josepha de Jesus Leite - a Nhanhá da Jacobina. **Revista eletrônica documento monumento**. Cuiabá, Universidade Federal de Mato Grosso. v.32 n.1, p. 106-116. 2022, jul.2022. Disponível em: <https://ufmt.br/ndihr/revista/revistas-anteriores/revista-dm-32.pdf> . Acesso em: 23 nov. 2023.

CAPÍTULO 3

MORFOMETRIA E COMPOSIÇÃO SEDIMENTAR DOS PRINCIPAIS AFLUENTES DA MARGEM ESQUERDA DO ALTO PARAGUAI, MATO GROSSO

RESUMO

Esse estudo foi realizado na área que abrange as sub-bacias Salobra, Cachoeirinha, Taquaral, Piraputanga, Olhos d'Água, Fontes, Sangradouro, Junco, Facão e Jacobina, localizada na margem esquerda do rio Paraguai, entre os municípios de Porto Estrela e Cáceres, no estado de Mato Grosso. O objetivo proposto foi avaliar, por meio de dados morfométricos e da dinâmica fluvial, o comportamento hidrossedimentológico, a fim de analisar o aporte de sedimentos dos rios contribuintes para o rio Paraguai. Os procedimentos metodológicos tiveram início com levantamento bibliográfico. Para a morfometria, foram utilizadas equações específicas para cada parâmetro. As informações sobre a dinâmica fluvial e a composição sedimentar foram obtidas por meio de dados secundários, os quais foram organizados e tabulados. Nesse levantamento, foram consideradas as informações provenientes de coletas realizadas no baixo curso, próximo à foz das sub-bacias. Os resultados obtidos por meio da análise morfométrica indicam que as sub-bacias Olhos d'Água, Fontes e Junco estão classificadas como de 1ª ordem, Sangradouro de 2ª, Taquaral e Facão de 3ª e Salobra, Cachoeirinha, Piraputanga e Jacobina de 4ª ordem. Essas sub-bacias apresentam formato alongado, com baixa propensão a enchentes e baixa densidade de rios e drenagem. No complexo das sub-bacias, predomina o relevo de declividade suave, ondulado e plano; as declividades escarpada e forte escapada ocupam áreas menores. Entre as sub-bacias, as maiores altitudes são encontradas em Salobra (762 m), Cachoeirinha (760 m) e Jacobina (573 m), enquanto as menores amplitudes altimétricas estão presentes nas sub-bacias Junco (55 m) e Olhos d'Água (51 m). A jusante, o tamanho das partículas, tende a diminuir devido à redução da vazão. Os rios demonstram capacidade de transportar sedimentos de granulometria fina, sendo contabilizado, no complexo de sub-bacias, um percentual 22,12% de areia grossa, 253,55% de areia média e 340,87% de areia fina. A concentração de sedimentos em suspensão foi maior nas seções com uso mais intenso de pastagens e criação de gado. Com o avanço da pecuária, ocorreu o desmatamento nas sub-bacias e no entorno dos cursos fluviais. A dinâmica entre os rios tributários e o rio Paraguai, no baixo curso, exerce importante influência na sedimentação das planícies e no Pantanal mato-grossense. Considera-se que a carga de sedimentos é intensificada pelo índice de desmatamento e pelo acesso de animais aos cursos d'água, o que, conseqüentemente, resulta em maior deposição sedimentar na calha dos rios tributários e no rio Paraguai.

Palavras-chave: bacia-hidrográfica, granulometria, morfometria

CHAPTER 3

MORPHOMETRY AND SEDIMENTARY COMPOSITION OF THE MAIN TRIBUTARIES OF THE LEFT BANK OF THE UPPER PARAGUAY, MATO GROSSO

ABSTRACT

This study was carried out in the area that covers the Salobra, Cachoeirinha, Taquaral, Piraputanga, Olhos d'Água, Fontes, Sangradouro, Junco, Facão and Jacobina sub-basins, located on the left bank of the Paraguay River, between the municipalities of Porto Estrela and Cáceres, in the state of Mato Grosso. The proposed objective was to evaluate, through morphometric data and river dynamics, the hydrosedimentological behavior, in order to analyze the sediment supply from the rivers contributing to the Paraguay River. The methodological procedures began with a bibliographic survey. For morphometry, specific equations were used for each parameter. Information on river dynamics and sedimentary composition was obtained through secondary data, which were organized and tabulated. In this survey, information from collections carried out in the lower course, close to the mouth of the sub-basins, was considered. The results obtained through morphometric analysis indicate that the Olhos d'Água, Fontes and Junco sub-basins are classified as 1st order, Sangradouro as 2nd, Taquaral and Facão as 3rd and Salobra, Cachoeirinha, Piraputanga and Jacobina as 4th order. These sub-basins have an elongated shape, with low propensity to floods and low density of rivers and drainage. In the sub-basin complex, gentle, undulating and flat relief predominates; the steep and strong slopes occupy smaller areas. Among the sub-basins, the highest altitudes are found in Salobra (762 m), Cachoeirinha (760 m) and Jacobina (573 m), while the lowest altitude ranges are present in the Junco (55 m) and Olhos d' sub-basins. Water (51 m). Downstream, particle size tends to decrease due to reduced flow. The rivers demonstrate the capacity to transport fine-grained sediments, with a percentage of 22.12% of coarse sand, 253.55% of medium sand and 340.87% of fine sand being recorded in the sub-basin complex. The concentration of suspended sediment was higher in sections with more intense use of pastures and livestock farming. With the advancement of livestock farming, deforestation occurred in the sub-basins and around the river courses. The dynamics between the tributary rivers and the Paraguay River, in the lower course, exerts an important influence on the sedimentation of the plains and the Pantanal of Mato Grosso. It is considered that the sediment load is intensified by the rate of deforestation and the access of animals to watercourses, which, consequently, results in greater sediment deposition in the channel of tributary rivers and in the Paraguay River.

Keywords: river basin, granulometry, morphometry

1. INTRODUÇÃO

Os rios são compreendidos como cursos naturais de água que escoam em canais bem definidos, desempenhando a função de transportar, erodir e depositar sedimentos em outros rios, lagos ou até mesmo oceanos (Araújo, 2011).

Os materiais transportados e o volume de carga são determinados pelo fluxo fluvial ou descarga líquida (Cunha, 2015). O fluxo fluvial, ou descarga líquida, representa a vazão, que é caracterizada pela dinâmica resultante do produto da velocidade média pela área da seção transversal, sendo expresso por valores em m^3/s (Garcez; Alvarez, 1988).

Nos cursos hídricos o transporte de sedimentos é um processo natural, considerado o principal elemento modelador da paisagem. Essa dinâmica, porém, pode ser alterada pela ação antropogênica, como o desmatamento, manejo incorreto do solo e o processo de urbanização. Essas atividades podem exercer uma influência significativa nas causas da erosão. Carvalho *et al.* (2000) afirmam que o processo de erosão sob a ação humana, pode ser até 100 vezes mais intenso quando comparado ao efeito natural.

Diversos são os impactos resultantes da erosão hídrica em uma bacia hidrográfica, afetando áreas como a economia, o meio ambiente e o contexto social (Baucke *et al.* 2020). Segundo os autores, o acúmulo de sedimentos altera a seção transversal dos cursos d'água e pode causar a ampliação das planícies de inundação, comprometendo o funcionamento de portos, barragens e leitos navegáveis.

No que tange à agricultura, podem ocorrer mudanças físicas, químicas e biológicas no solo, demandando a aplicação de nutrientes. O excesso de sedimentos pode comprometer a oxigenação e aumentar a turvação da água, prejudicando a fauna e a flora aquática, além de reduzir a quantidade e a qualidade de água destinada para o abastecimento público. Esses impactos afetam a qualidade de vida da população, tornando também um problema social (Baucke *et al.* 2020).

Oliveira, (2012) ressalta a necessidade de estudos envolvendo a geometria hidráulica para determinar o equilíbrio dinâmico do sistema fluvial. Bülher *et al.*, (2014) destacam a importância de compreender o processo de

sedimentação de uma bacia, para que as medidas de gestão dos recursos hídricos possam ser adequadamente subsidiadas.

A análise dos parâmetros morfométricos é significativa nos estudos e na avaliação de uma bacia hidrográfica, por esclarecer as questões relacionadas ao entendimento da dinâmica ambiental, para solucionar situações perturbadoras em áreas de intervenção humana (Teodoro *et al.*, 2007). É importante destacar que o gestor municipal deve buscar informações que possam fundamentar políticas públicas, baseadas em dados confiáveis, como os fornecidos pelos parâmetros morfométricos (Castro, *et al.*, 2014; Costa, 2015).

Diversos estudos recentes sobre sedimentação foram realizados em áreas de bacias hidrográficas, dentre os quais se destacam: Sarlas *et al.*, (2008), que avaliaram a descarga sólida em suspensão nos cursos d'água da bacia hidrográfica do Alto Sapucaí; Jovino *et al.*, (2022), que analisaram o uso do solo no manancial de Ribeirão e estimaram a produção de sedimentos em períodos distintos; Paz e Paula (2022), que investigaram a sedimentologia e o volume dos depósitos de lama nas planícies aluviais do rio Jacareí (PR) e Confessor *et al.*, (2022) que avaliaram as perdas de água e solo em áreas de pastagem para compreender a dinâmica hidrogeomorfológica em Uberlândia (MG).

No âmbito internacional, Bieger *et al.*, (2014) avaliaram a vazão, a carga de sedimentos e seus efeitos nas bacias afetadas pela construção da barragem Três Gargantas no rio Yangtze na China; Noe *et al.*, (2020), após revisarem pesquisas sobre a sedimentação na bacia hidrográfica e no estuário de Chesapeake Bay (EUA), propuseram a implementação de medidas mitigadoras.

Na bacia do Paraguai, estudos sobre o aporte de sedimentos foram realizados por Leandro e Souza (2012), que analisaram a granulometria dos sedimentos de fundo do rio Cabaçal, na cidade de Cáceres; Bülher e Souza (2012), que caracterizaram o tipo e a quantidade de sedimentos presentes no trecho do perímetro urbano de Cáceres, MT, e no local conhecido como Barranco do Touro; e por Souza *et al.*, (2017), que estudaram o aporte de sedimentos dos afluentes da margem direita do rio Paraguai.

Considerando que as sub-bacias localizadas na margem esquerda do rio Paraguai mantém uma importante conexão com esse rio e influenciam a subsistência de famílias, o presente estudo teve como objetivo avaliar, por meio de dados morfométricos e da dinâmica fluvial, o comportamento

hidrossedimentológico, a fim de analisar o aporte de sedimentos dos rios contribuintes para o rio Paraguai.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

As sub-bacias hidrográficas Salobra, Cachoeirinha, Taquaral, Piraputanga, Olhos d'Água, Fontes, Sangradouro, Junco, Facão e Jacobina estão localizadas na margem esquerda do rio Paraguai, ocupando uma área de 2.652,92 km².

As sub-bacias abrangem áreas rurais e urbanas nos municípios de Cáceres e Porto Estrela, no estado de Mato Grosso, localizadas conforme a orientação do Quadro 06 Figura 24.

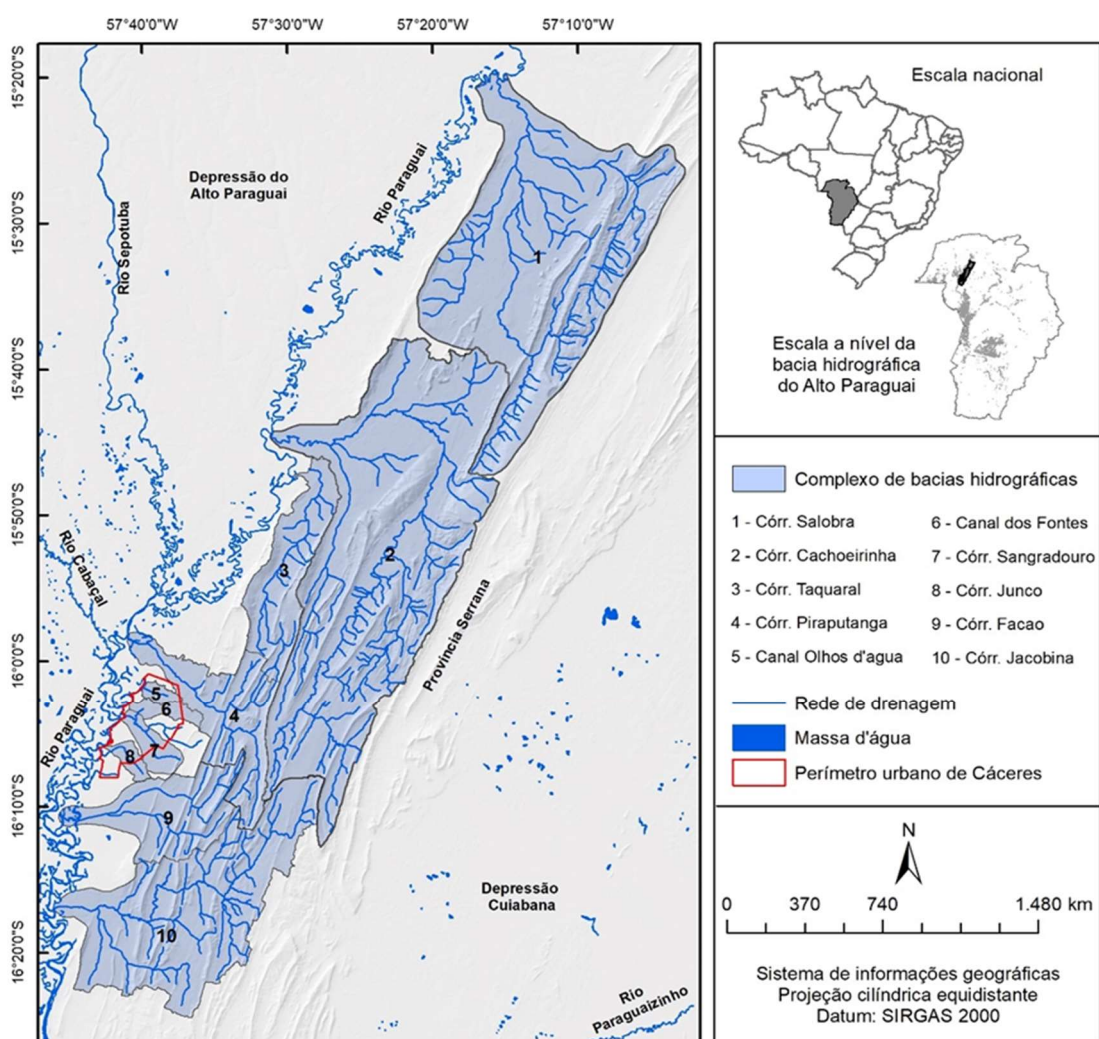


Figura 24: Mapa de localização do Complexo de bacias. **Fonte:** Raymundi (2023)

Quadro 06: Localização das sub-bacias contribuintes do rio Paraguai

Complexo de Sub-bacias Hidrográficas		
	Latitude	Longitude
Salobra	15° 20' 00" / 15° 50' 00"	57° 02' 00" / 57° 20' 00"
Cachoeirinha	15° 35' 37" / 16° 12' 30"	57° 14' 36" / 57° 32' 24"
Taquaral	15° 58'40.4" / 16° 03' 47.6"	57°30'28.1" / 57°41'13.8"
Piraputanga	15°58'00" / 16°12'00"	57°32'00" / 57°40'00"
Facão	16°08'48,09" / 16°10'30,38"	57°34'13,02" / 57°44'27,27"
Jacobina	16°11'51,6" / 16°17'04,4"	57°31'23,7" / 57°46'20,1"
Olhos d'Água	16° 06' 27" / 16°04'01"	57°39'24" / 57°39'13"
Fontes	16°04'25" / 16°03'20"	57°39'52" / 57°41'01"
Sangradouro	16°02'00" / 16°08'00"	57°36'00" / 57°42'00"
Junco	16°07'41" / 16°05'55"	57°40'14" / 57°42'46"

Fonte: Raymundi (2023).

2.2 Procedimentos metodológicos

2.2.1 Trabalho de gabinete

A elaboração deste estudo foi realizada por meio de levantamento de dados referentes à hidrossedimentologia. As informações sobre a dinâmica fluvial e a composição sedimentar de fundo e em suspensão foram obtidas a partir de dados secundários, que foram organizados e tabulados. Foram consideradas as informações das coletas realizadas no baixo curso, próximo à foz das sub-bacias. A sistematização das informações provenientes de livros, artigos, teses e dissertações durante o desenvolvimento desta pesquisa foi necessária atender os objetivos propostos.

2.2.2 Produção cartográfica

O mapa de elevação (hipsométrico), a declividade e a rede de drenagem foram confeccionados com base na carta geomorfométrica do Modelo de Elevação Digital (MDE), disponibilizada pelo Banco de Dados Geomorfométricos

do Brasil: TOPODATA – INPE, com escala de 1:250.000. O Modelo de Elevação Digital utilizado à geração de mapas de declividade e altitude segue a classificação das classes de declividade realizada pela Embrapa (2006) (Quadro 07).

Quadro 07: Classes de declividade do relevo

Declividade	Discriminação
0 – 3	Relevo plano
3 – 8	Relevo suavemente ondulado
8 – 20	Relevo ondulado
20 – 45	Relevo fortemente ondulado
45 – 75	Relevo montanhoso
> 75	Relevo fortemente montanhoso

Fonte: Embrapa 2006.

As bases de dados foram trabalhadas utilizando os processos de georreferenciamento, segmentação e classificação, com o auxílio do Software *Open Source Spring*® 5.2.7, disponível gratuitamente no site do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). A delimitação das sub-bacias hidrográficas foi realizada por método e da função *ArcHidro*. A classificação de cores dos vetores (.shp) e o *layout* prévio dos mapas foram elaborados pelo Software *ArcGis* 10.2.1®.

2.2.3 Morfometria das sub-bacias

Para a análise de ordenação fluvial, foram utilizados os critérios adotados por Horton (em 1945) e aperfeiçoados por Strahler em 1952 (Christofolletti, 1980). Por meio desse procedimento, é possível hierarquizar os cursos hídricos.

2.2.4 Análise do relevo

O relevo da sub-bacia foi estudado analiticamente por meio dos seguintes parâmetros: declividade média, amplitude altimétrica, razão de relevo, fator de forma, índice de circularidade e de rugosidade. Os parâmetros morfométricos foram obtidos mediante as equações descritas no Quadro 08.

Quadro 08: Parâmetros morfométricos, equações e padrão de referência

Parâmetro	Equação	Padrão de Referência
Amplitude altimétrica	$Hm = AM - Am$ Onde: Hm = amplitude altimétrica (m); AM = maior altitude (m); Am = menor altitude (m);	A amplitude altimétrica (Hm) é a diferença entre a maior e a menor altitude da sub-bacia e expressa em metros.
Razão de relevo	$Rr = \frac{H}{C}$ Onde: Rr = relação de relevo; H = Amplitude altimétrica (m); C = Maior comprimento da bacia	A relação de relevo (Rr) foi analisada conforme proposição de Schumm, (1956 <i>apud</i> Brubacher, 2011). Através da relação entre a diferença de altitude dos pontos extremos da sub-bacia ou amplitude altimétrica (H) e o maior comprimento (C), que corresponde à direção do vale principal, entre a foz e o ponto extremo sobre a linha do divisor de águas
Fator de forma.	$Ff = \frac{A}{C^2}$ Onde: Ff = fator de forma A = área em km^2 C = comprimento do curso d'água em km	Para a análise do fator de forma da sub-bacia (Ff), foi utilizada a equação proposta por Horton (1945)
Índice de circularidade	$Ic = \frac{12,57 \cdot A}{P^2}$ Onde: A = Área da bacia (km^2) P = Perímetro (km)	1,00 – 0,8: circular, alta tendência 0,8 – 0,6: ovalada, tendência mediana 0,6 – 0,40: alongada, baixa tendência < 0,40: comprida com tendência à conservação (nada propensa à enchente). (Nardini, Pollo, <i>et al.</i> , 2013).
Índice rugosidade	$Ir = H \cdot Dd$ Onde: H – Amplitude altimétrica (km); Dd – Densidade de drenagem (km/km^2).	Índice de rugosidade, elevado, mais colinoso e dissecado o relevo (maiores declividades), e canais mais entalhados. (Castro; Carvalho, 2009).
Densidade da drenagem	$Dd = \frac{Lt}{A}$ Dd = densidade de drenagem (km/km^2); Lt = comprimento total de todos os canais (km); A = área da bacia (km^2).	A densidade de drenagem foi definida com base na proposta de Christofletti, 1980, utilizando a equação
Densidade dos rios	$Dr = \frac{N}{A}$ Dr = Densidade de rios N = Número total de canais A = Área da bacia considerada	Para identificar a relação entre os números de cursos de água e a área da bacia hidrográfica, será utilizada a fórmula definida por Horton (1945, <i>apud</i> Christofletti, 1980).

Fonte: Raymundi, 2023.

Os valores referentes ao comprimento do curso, perímetro, maior e menor altitude do relevo e área das sub-bacias foram disponibilizados pelo software *ArcGIS*. Com base nesses dados, foram calculados a amplitude altimétrica, a razão de relevo, o fator de forma, o índice de circularidade e a rugosidade das sub-bacias.

2.2.5 Hierarquia fluvial

Para verificar a hierarquia fluvial, foi utilizado o método de Strahler, (1952, *apud* Christofletti, 1980), o qual considera os canais de primeira ordem aqueles que não têm tributários. Os canais de segunda ordem surgem na confluência de dois canais de primeira ordem e recebem apenas afluentes de canais de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem e podem receber afluentes de segunda e de primeira ordem; os canais de quarta ordem surgem da confluência de dois canais de terceira ordem, recebendo tributários das ordens inferiores e assim sucessivamente. A obtenção dos dados morfométricos contribuiu para uma melhor interpretação das características que envolvem a dinâmica hidrológica na área das sub-bacias.

2.2.6 Variáveis hidrodinâmicas e sedimentos em suspensão e de fundo das sub-bacias da margem esquerda do rio Paraguai entre os municípios de Cáceres e Porto Estrela, Mato Grosso

Os dados referentes à hidrodinâmica e aos sedimentos de fundo e em suspensão foram obtidos a partir de dados secundários. Foram priorizadas as informações coletadas próximas à foz do rio principal, durante os períodos de cheia e seca.

2.2.7 Cálculo de vazão e determinação da descarga sólida suspensa

Foram obtidos os valores referentes à área da seção transversal pela equação $A = L \times P$ e, para vazão, a equação $Q = A \times V$ (Cunha, 2015).

Onde: **A** = Área da seção; **L** = Largura do canal; **P** = Profundidade média
Q = Vazão; **V** = Velocidade das águas; **A** = Área.

2.2.8 Determinação da descarga sólida suspensão

Os valores de descarga sólida em suspensão (QSS) foram determinados pelo somatório do produto entre a concentração de sedimento suspenso da vertical (CSSi) e a respectiva descarga líquida da vertical (Qli), conforme a expressão abaixo:

$$Q_{SS} = \sum (C_{SSi} \cdot Q_{li}) \cdot 0,0864$$

Em que:

Qss = descarga sólida em suspensão (t/dia-1);

Cssi = concentração de sedimento em suspensão da vertical (mg/L-1);

Qli = descarga líquida da respectiva vertical (m³/ s-1).

0,0864= segundos totais em 24 horas

2.2.9 Batimetria

Para a coleta do material em suspensão, foi usado o procedimento descrito no Quadro 09:

Quadro 09: Procedimento de coleta dos dados de largura, velocidade e profundidade nos córregos próximos à foz das sub-bacias da margem esquerda nos municípios de Cáceres e Porto Estrela, Mato Grosso.

Sub-bacia	Largura	Profundidade	Velocidade	Autor
Salobra	Trena	Trena	Molinete fluviométrico	Souza (2015)
Cachoerinha	Trena	Trena	Utilizou flutuadores, medindo com um cronômetro, o tempo gasto para percorrer 10 m de comprimento	Santos (2021)
Taquaral	Trena	Trena	Molinete fluviométrico	Farias (2019)
Piraputanga	Trena	Trena	Utilizou flutuadores, medindo através de um cronometro, o tempo gasto para percorrer 10 m de comprimento	Martins; Andrade (2018)
Olhos d'Água				Cruz (2013)
Fontes	Trena	Trena	Utilizou flutuadores, medindo com um cronômetro, o tempo gasto para percorrer 10 m de comprimento	Prudêncio (2022)
Junco	Trena	Trena	Molinete fluviométrico	Raymundi (2017)
Sangradouro	Trena	Trena	Molinete fluviométrico	Santana (2017)
Facão	Trena	Ecobatímetro	Molinete fluviométrico	Cruz (2015)
Jacobina	Trena	Ecobatímetro	Molinete fluviométrico	Bülher (2016)

Fonte: Organizado pela autora (2024).

2.2.10 Coleta e análise laboratorial do sedimento presente no fundo e em suspensão das sub-bacias hidrográficas

A coleta de amostras dos sedimentos de fundo foi realizada utilizando o aparelho coletor do tipo Van Venn nos córregos Jacobina (Bülher, 2016), Facão (Cruz, 2015) e Taquaral (Farias, 2019). Esse coletor é lançado até o fundo do canal e, ao tocar o solo, fecha-se, permitindo a coleta do sedimento. Nos córregos Junco (Raymundi, 2017), Sangradouro (Santana, 2017), Fontes (Prudêncio, 2022), Piraputanga (Martins; Andrade, 2018), Cachoeirinha (Santos, 2013) e Salobra (Souza, 2015), foi utilizada uma pá para a coleta dos sedimentos de fundo. As amostras foram armazenadas em sacolas plásticas e etiquetadas com informações do local pelos autores.

Para a amostra dos sedimentos em suspensão, foi utilizada garrafa plástica de 1 litro, higienizada com a água do córrego e, em seguida, condicionada no gelo até o momento das análises já analisadas anteriormente por Souza (2015), no córrego Salobra; Santos (2013), Cachoeirinha; Farias (2019), Taquaral; Martins e Andrade (2018), Piraputanga; Prudêncio, (2022) Fontes; Santana, (2017), Sangradouro, Raymundi, (2017); Junco, Cruz (2015) e Facão e Bülher (2016) em Jacobina.

As amostras foram encaminhadas para o laboratório de Pesquisas e Estudos em Geomorfologia Fluvial (LAPEGEOF), da UNEMAT, no campus de Cáceres, seguindo os procedimentos referentes:

(a) À quantificação da carga de sedimentos suspensos, utilizou-se o método de evaporação proposto por Carvalho (2008);

(b) À Análise granulométrica dos sedimentos de fundo, conforme os métodos de pipetagem (EMBRAPA, 1997) e peneiramento (Suguio, 1973).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Características morfométricas

A configuração morfométrica e morfológica das sub-bacias hidrográficas estão representadas nos quadros 10 e 11.

Quadro 10: Parâmetros morfométricos e morfológicos do complexo das sub-bacias

Parâmetros morfométricos / morfológicos: base de cálculo							
Bacia Hidrográfica	Ord.	Área (km²)	Perímetro (km)	Canal principal (km)	Rios km/	Maior altitude (m)	Menor altitude (m)
Salobra	4º	759,02	154,97	64,61	370,93	898	136
Cachoeirinha	4º	937,22	245,17	96,6	491,08	885	125
Taquaral	3º	144,1	97,92	33,96	80,22	603	124
Piraputanga	4º	166,97	121,56	25,98	92,37	624	106
Olhos d'Água	1º	8,72	19,18	4,73	4,29	170	119
Fontes	1º	16,52	32,79	7,36	5,62	289	119
Sangradouro	2º	27,74	25,45	11,41	13,14	304	119
Junco	1º	13,21	23,03	5,61	5,61	169	114
Facão	3º	149,70	85,02	29,70	85,14	624	103
Jacobina	4º	429,76	160,83	52,61	247,57	683	110

Fonte: Raymundi (2023) A = Área; P = Perímetro.

Quadro 11: Parâmetros morfométricos e morfológicos

Parâmetros morfométrico e morfológicos								
Sub-bacia hidrográfica	Hipsométricos					Areal		
	Hm	H (m)	Rr	Ir	Ff	Dd km/km²	Dr km²	Ic
Salobra	517	762	11,79	365,76	0,18	0,48	0,18	0,39
Cachoeirinha	505	760	7,86	395,2	0,10	0,52	0,13	0,19
Taquaral	363,5	479	14,10	263,45	0,12	0,55	0,14	0,18
Piraputanga	365	518	19,93	284,9	0,24	0,55	0,16	0,14
Olhos d'Água	144,5	51	10,78	24,99	0,38	0,49	0,11	0,29
Fontes	204	170	23,09	57,80	0,30	0,34	0,06	0,19
Sangradouro	211,5	185	16,21	86,95	0,21	0,47	0,14	0,53
Junco	141,5	55	9,80	23,10	0,41	0,42	0,07	0,31
Facão	363,5	521	17,54	291,76	0,16	0,56	0,20	0,25
Jacobina	396,5	573	10,89	326,61	0,15	0,57	0,19	0,20

Fonte: Raymundi (2023) Hm = Altitude média; H = Amplitude Altimétrica; Rr = Relação de relevo; Ir = Índice de rugosidade; Ff = Fator de forma; Dd = Densidade de drenagem; Dr = Densidade de rios Ic = Índice de circularidade

O complexo de bacias abrange 2.652,92 km², no sudoeste do estado de Mato Grosso. O córrego da sub-bacia Cachoeirinha destaca-se no complexo de sub-bacias pelo comprimento de 96,6 km, seguido do córrego Salobra, com 64,61 km e do córrego Jacobina, com 52,61 km. No total, a rede de drenagem soma 1.395,97 km.

As sub-bacias Olhos d'Água, Junco, Fontes e Sangradouro estão classificadas como pequenas em termos de grandeza espacial, enquanto as demais bacias são categorizadas como médias. Segundo Christofolletti (1980), as bacias hidrográficas com até 100 km² são de grandeza pequena, aquelas com área entre de 100 a 1.000 km² são médias, e as que possuem mais de 1.000 km² são grandes.

O conjunto de sub-bacias abrange uma rede de drenagem composta por 443 rios, dentre os quais, 264 são de primeira ordem, 129 de segunda ordem, 46 são de terceira ordem e 5 são de quarta ordem (Figura 25)

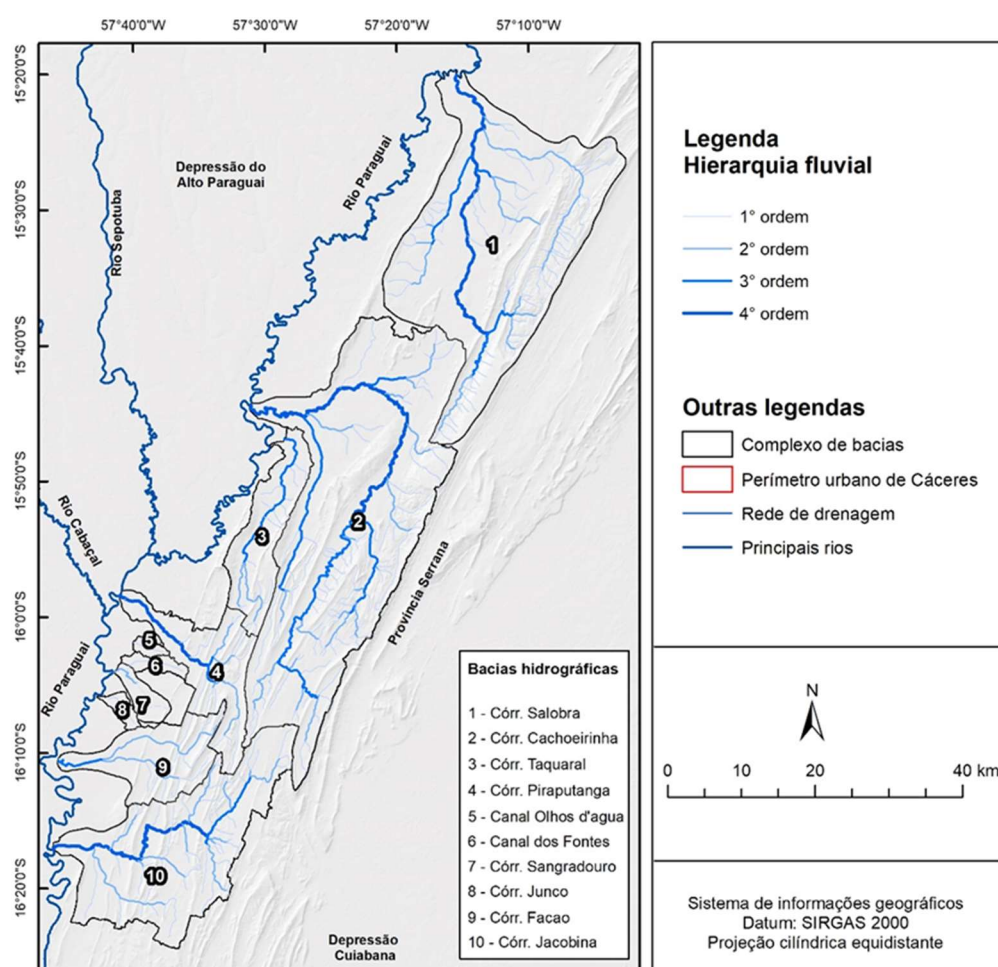


Figura 25: Hierarquia fluvial do complexo de sub-bacias. **Fonte:** Raymundi (2023).

As sub-bacias Salobra, Cachoeirinha, Piraputanga e Jacobina estão classificadas na hierarquia fluvial de 4ª ordem. Conforme as ramificações de rios tributários vão se reduzindo, diminui também a condição de drenagem das sub-bacias, cabendo classificá-las em uma categoria de hierarquia inferior.

O fator forma (Ff) menor que 0,30 é predominante no conjunto das sub-bacias, Salobra, Cachoeirinha, Taquara, Piraputanga, Sangradouro, Facão e Jacobina (Quadro 12). O índice de circularidade abaixo de 0,40 reforça a característica do fator de forma, atribuindo às sub-bacias um formato alongado e com baixa propensão a enchentes. Embora os valores de (Ff) tenham excedido o limite de 0,30 nas bacias Olhos d'Água e Facão, e o índice de circularidade no Sangradouro seja superior a 0,40, essa aproximação confere a essas bacias formato alongado e uma maior propensão a enchentes (Barbosa et al. 2023).

A análise hipsométrica indica que a amplitude altimétrica da área que envolve o complexo de sub-bacias não apresenta um padrão único, devido às diferenças de altitude (Quadro 11). As sub-bacias Salobra, Cachoeirinha, Taquaral, Piraputanga, Facão, Jacobina e Sangradouro abrangem, em seu alto curso, os vales e conjuntos de serras que compõem a Província Serrana, apresentando, dessa forma, um relevo ondulado, forte ondulado e escarpado. Em contrapartida, as sub-bacias Olhos d'Água, Junco e Fontes compreendem, em seu alto curso, os terrenos da Depressão do Alto Paraguai, caracterizando-se por um relevo suave ondulado e plano.

As sub-bacias com amplitude altimétrica elevada são Salobra (762 m), Cachoeirinha (760 m) e Jacobina (573 m). Os resultados indicam baixa amplitude altimétrica nas sub-bacias Junco (55 m) e Olhos d'Água (51 m).

O índice de relação do relevo (Rr) determina a inclinação da bacia hidrográfica, influenciando a velocidade do escoamento. Portanto, quanto maior o valor de Rr , maior será a declividade, tornando o fluxo de água mais rápido até a foz. Os resultados do índice de relação do relevo refletem a amplitude altimétrica e a maior extensão referida de cada bacia.

É possível observar que, nas sub-bacias, apesar da similaridade entre as altitudes altimétricas das sub-bacias Salobra e Cachoeirinha, os resultados da relação do relevo (Rr) diferem: 11,79 m/km (Salobra) e 7,86 m/km (Cachoeirinha). Isso ocorre em razão do comprimento do terreno; no

Cachoeirinha, o desnível é de quase oito metros a cada quilômetro, enquanto na sub-bacia Salobra o desnível é de 11,79 m.

Os resultados obtidos nas demais sub-bacias, referentes à relação de relevo (R_r) foram distintos, sendo: no Taquaral (14,10 m/km), Piraputanga (19,93 m/km), Olhos d'Água (10,78 m/km), Fontes (23,09 m/km), Sangradouro (16,21 m/km), Facão (17,54 m/km) Jacobina (10,89 m/km). O índice de rugosidade do relevo nas sub-bacias apresenta valores relativamente baixos, indicando uma área de relevo com declives médios e colinosos (Figura 26).

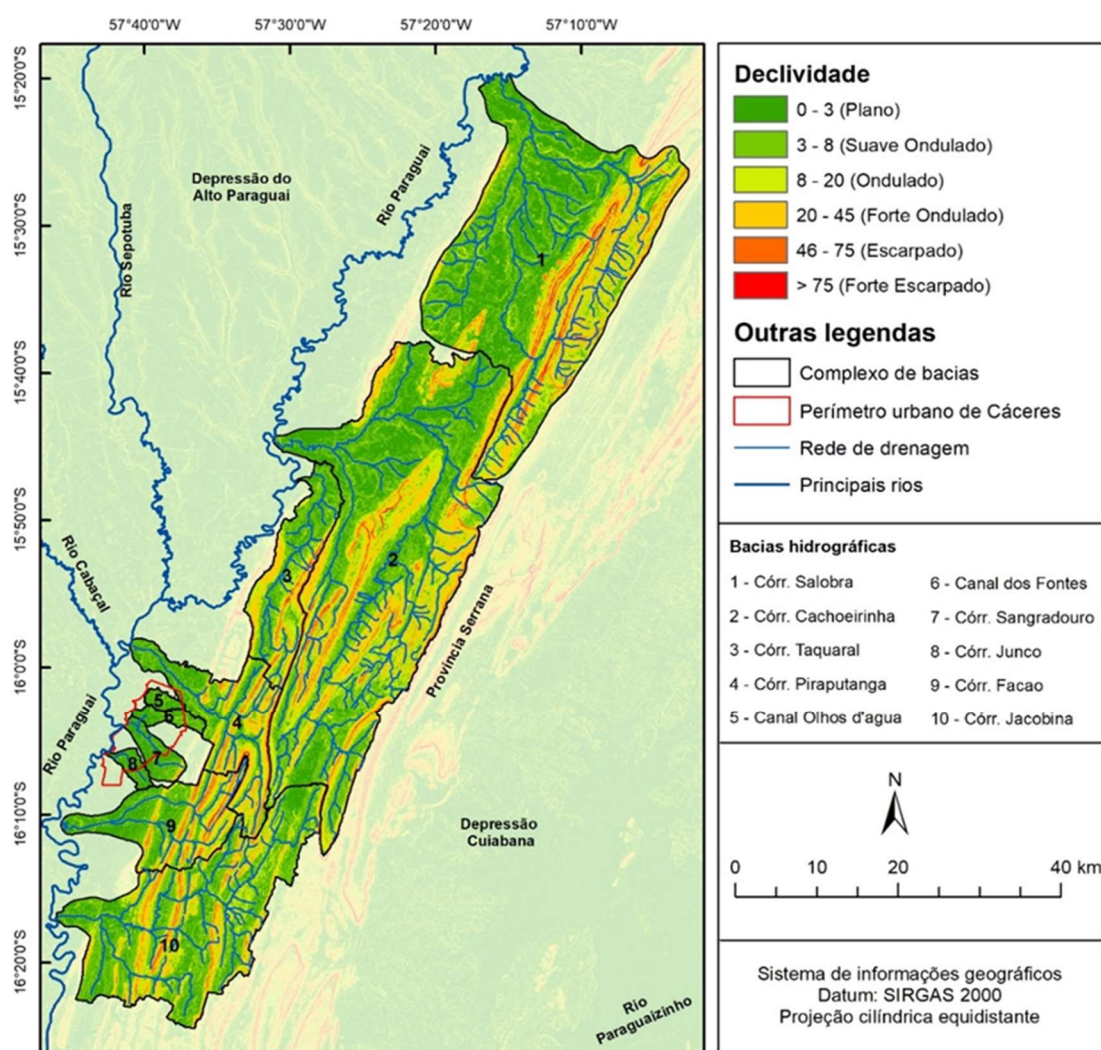


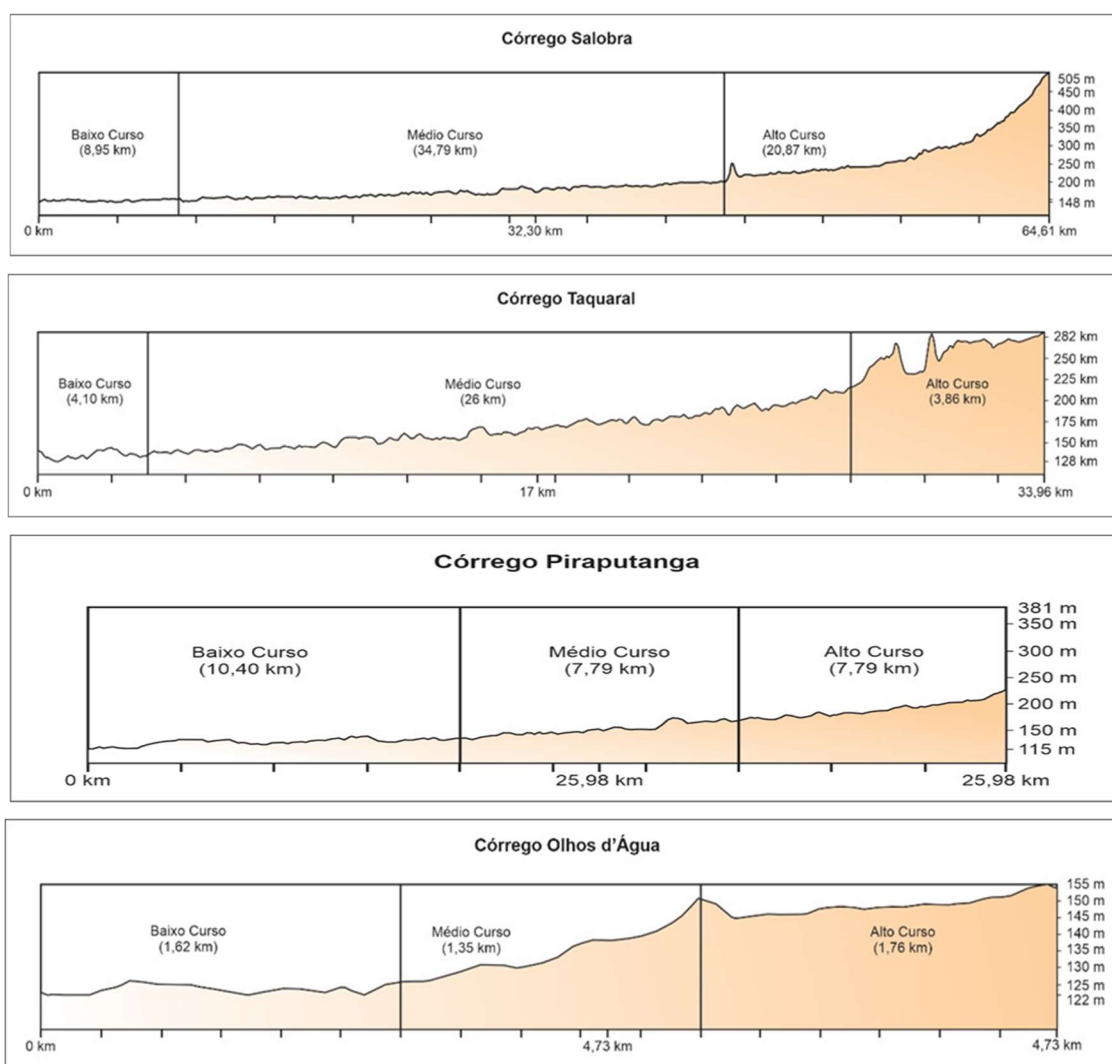
Figura 26: Declividade do complexo de sub-bacias hidrográficas. **Fonte:** Raymundi (2023).

Os níveis de declividade observados na região hidrográfica mostram a predominância de um relevo suave ondulado (Tabela 03; Figura 27).

Tabela 03: Classes de relevo e percentual de área das sub-bacias hidrográficas da margem esquerda do rio Paraguai entre os municípios de Cáceres e Porto Estrela, Mato Grosso

Classificação do relevo		
Legenda	Declividade	Área (km ²)
Plano	0 – 3	726,79
Suave Ondulado	3 – 8	875,43
Ondulado	8 – 20	490,51
Forte Ondulado	20 – 45	459,60
Escarpado	46 – 75	92,8
Forte Escarpado	> 75	3,99
Total		2.652,92

Fonte: Embrapa 2006; organizado por Raymundi (2023).



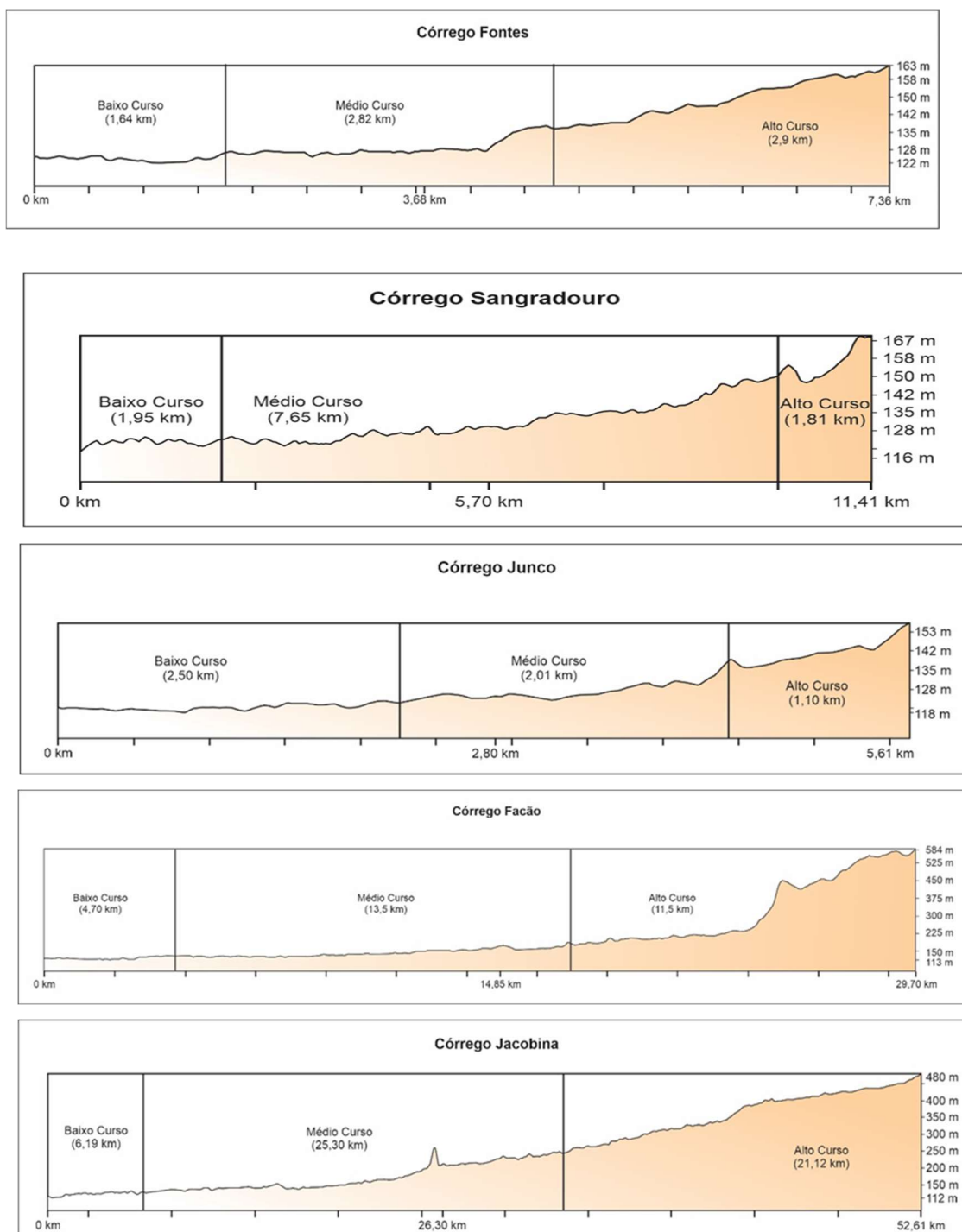


Figura 27: Perfil topográfico das sub-bacias hidrográficas da margem esquerda do Rio Paraguai entre os municípios de Cáceres e Porto Estrela, Mato Grosso. **Fonte:** Raymundi (2023).

O relevo plano e suave ondulado é característico da Depressão do Alto Paraguai. Nessas áreas, o escoamento superficial é lento, e a rede de drenagem apresenta um maior número de afluentes devido à baixa declividade, que não ultrapassa 8%. Considerando as características do relevo (plano/ suave/

ondulado), há melhores condições para a infiltração da água no solo, resultando em baixa suscetibilidade à erosão. Além disso, outros fatores, como a pedologia, a geologia e o uso e cobertura do solo, podem interferir na dinâmica que envolve a rede de drenagem.

Os desníveis topográficos e os afloramentos rochosos, principalmente de calcário e arenito, presentes no leito, contribuem para formação de corredeiras e cachoeiras ao longo do perfil longitudinal, criando vários níveis de base local. As declividades encontradas no complexo das sub-bacias são mais acentuadas no alto curso, apresentando topos alongados e isolados, além de vertentes convexas e côncavas-convexas. Nas sub-bacias, as áreas com declividades acentuadas, caracterizadas como escarpadas e forte escarpadas, representam as menores extensões.

Segundo Santos *et al.* (2017 p. 200), “a declividade influencia diversos fatores que contribuem nos processos alteradores nas formas das vertentes, como o movimento de massas, processos erosivos”, interferindo também no uso e na ocupação dos solos. Nas localidades com declividade mais acentuada, a infiltração é reduzida, e o transporte de agregados é maior, pois o fluxo possui uma energia elevada.

3.2 Densidade dos rios e da drenagem

No complexo de sub-bacias, o valor obtido para a densidade de rios foi considerado baixo, indicando que, nessas localidades, não existem boas condições para gerar novos cursos de água (Quadro 11). Esse resultado está relacionado à alta capacidade de infiltração da água nos terrenos formados por rochas sedimentares (calcário).

Foi verificado que os valores de densidade de drenagem encontrados no complexo de sub-bacias apresentam uma classificação de baixa e média densidade. Os valores considerados baixos variam de 0 a 0,15 km², 0,15 a 0,30 km² e 0,45 a 0,50 km². (0 a 0,15 km²; 0,15 a 0,30 km² e 0,45 a 0,50 km²). Já os valores de densidade média estão na faixa de 0,50 a 0,65 km², 0,65 a 0,80 km² e 0,80 a 1,17 km² (Figura 28).

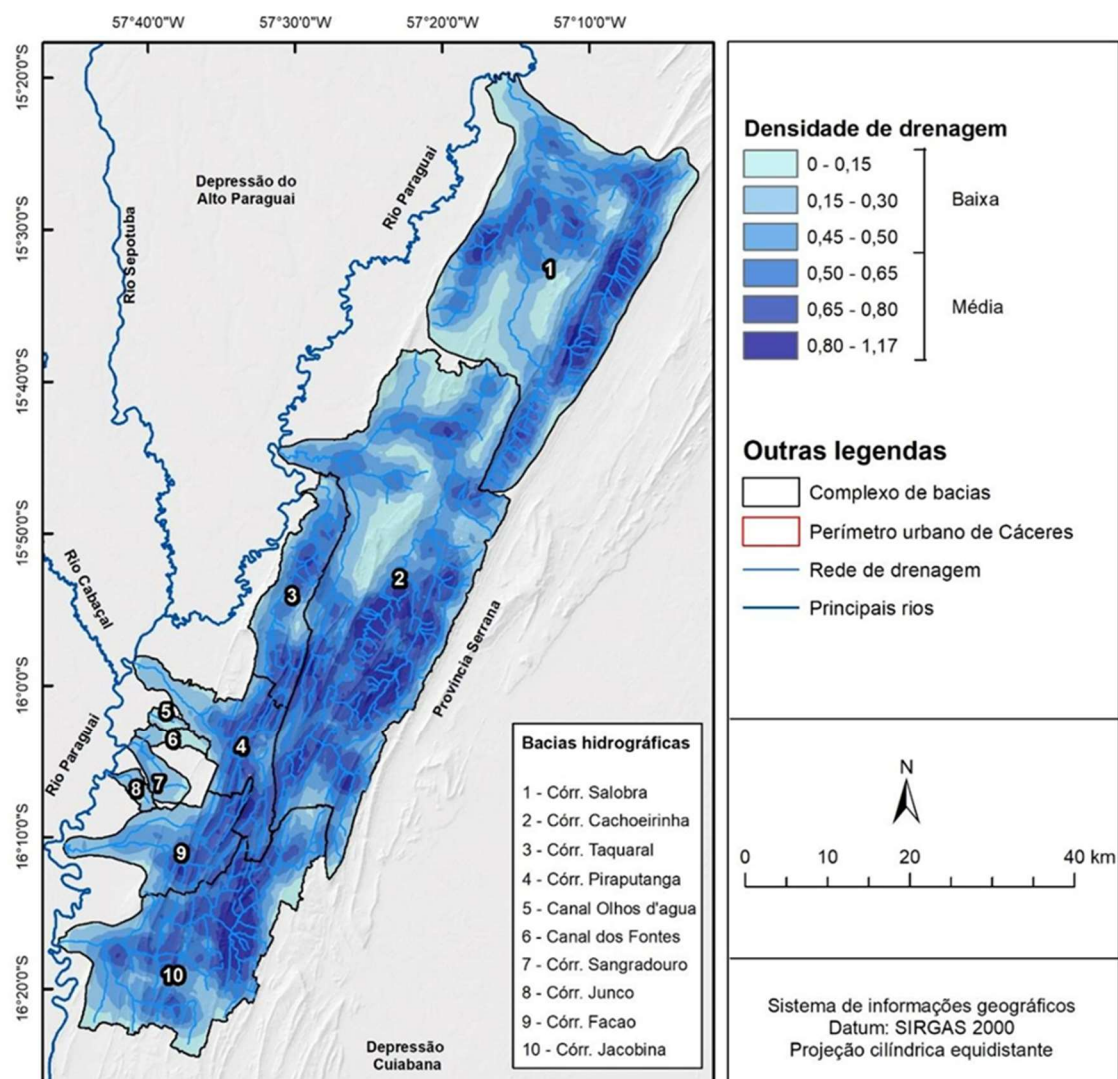


Figura 28: Densidade de drenagem do complexo de sub-bacias do Alto Paraguai
Fonte: Raymundi (2023).

A densidade média ($0,80-1,17 \text{ km}^2$) observada no centro e sul da sub-bacia do córrego Cachoeirinha é influenciada pela Formação Diamantino, que se estende ao longo de uma faixa longitudinal de 218,86 km. Além disso, as sub-bacias Taquaral, Facão, Piraputanga e Jacobina, também apresentam essa formação em faixas alongadas. Nessas localidades, a densidade da drenagem alcançou os maiores valores, variando entre 0,80 e $1,17 \text{ km}^2$.

A Formação Diamantino exerce uma influência significativa nos altos valores da densidade de drenagem, registrados no complexo das sub-bacias. Isso se deve às características das rochas, que são compostas por sedimentos finos, bem compactados, espessos e endurecidos. Nessas condições, a permeabilidade da água é dificultada, resultando em uma densidade de drenagem mais elevada, em comparação com outras formações geológicas

presentes na região. Essas características dificultam a infiltração da água no solo, possibilitando maior escoamento superficial e valores expressivos na densidade de drenagem.

Em relação à estrutura geomorfológica, a rede de drenagem é influenciada pelo controle estrutural da Província Serrana, apresentando cursos encaixados entre vales com formas sinclinais e anticlinais, formando uma rede de drenagem mais retilínea. O rápido escoamento pelas vertentes dos vales da Província Serrana dificulta a infiltração da água, favorecendo a elevação na densidade da drenagem.

A densidade de drenagem baixa ($0,00-0,15 \text{ km}^2$, $0,15 \text{ km}^2-0,30 \text{ km}^2$, $0,45 \text{ km}^2-0,50 \text{ km}^2$) foi registrada em áreas de estruturas geológicas como Raizama (arenito, feldspáticos, silicatos de alumínio, folhelhos), Araras Membro superior (Argilito, calcissiltito, calcário dolomito, calcário calcítico), Pantanal (terraços aluvionares, areia e argila), Pantanal (depósitos aluvionares, argila-siltico-arenosos) e Depósitos Aluvionares (areias, cascalhos à material silto-argiloso). As rochas desses segmentos apresentam granulometria grossa, maior porosidade e permeabilidade, favorecendo a infiltração das águas, reduzindo as proporções do escoamento superficial e, conseqüentemente, diminuindo a densidade de drenagem (Lima *et al.* 2022).

Os locais que apresentam baixa densidade de drenagem estão localizados nas sub-bacias Olhos d'Água, Fontes, Sangradouro, Junco, Piraputanga, no médio e baixo curso da Jacobina, e no baixo curso das sub-bacias Facão Taquaral, Cachoeirinha e Salobra. Nessas áreas, a pedologia apresenta condições que favorecem a percolação da água, potencializando a baixa densidade de drenagem.

Os valores baixos de densidade de drenagem ocorrem na cobertura pedológica Latossolo Vermelho Amarelo, Latossolo Vermelho, Vertissolo Hidromórfico, Gleissolo Háplico, Plintossolo Argilúvico e Neossolo Flúvico. Os Argissolo abrangem uma considerável extensão das bacias Jacobina, Facão, Piraputanga, localizadas no SSO da sub-bacia Cachoeirinha.

Devido às suas propriedades texturais, o Argissolo, apresenta rápida saturação hídrica no horizonte A arenoso, em contraste com o horizonte B argiloso de drenagem lenta. Assim sendo, provoca uma dissensão no processo de infiltração entre os horizontes do solo, resultando em rápida saturação da

camada superficial e na formação de escoamentos capazes de provocar a erosão do solo, como identificado na sub-bacia hidrográfica do Facão (Figura 29).



Figura 29: Erosão do solo na sub-bacia hidrográfica do Facão

Fonte: Raymundi (2022) Imagens **A** e **B**: Formação de voçoroca próximo a área de nascente. Imagem **C**, área de nascente assoreada pelos depósitos de sedimentos da voçoroca (imagens A e B).

Nas sub-bacias hidrográficas Jacobina, Facão, Piraputanga, Taquaral, Cachoeirinha e Salobra, os valores da densidade de drenagem estão distribuídos em seus territórios, apresentando diversos pontos de média densidade (0,50-1,17 km/km²), influenciados pela Formação Diamantino. No

entorno desses locais, ocorre baixa densidade de drenagem (0-0,50 km/km²), devido à influência da Formação Raizama e Araras.

Souza e Silva (2022) afirmam que as características litológicas e pedológicas, ao favorecerem a infiltração e a percolação da água, não contribuem para o surgimento de uma rede de drenagem densa. Essa condição natural justifica a baixa densidade de drenagem observada na área de estudo.

3.3 Dinâmica fluvial e composição sedimentar das sub-bacias da margem esquerda do Rio Paraguai, nos municípios de Cáceres e Porto Estrela, Mato Grosso

Naturalmente, a dinâmica fluvial nos sistemas de drenagem resulta na remoção, transporte e deposição de partículas em ambientes fluviais, mesmo na ausência de interferência antropogênica. Os dados relacionados à dinâmica fluvial e à composição sedimentar das sub-bacias hidrográficas estão demonstrados na Tabela 4 e no Quadro 12.

Tabela 04: Variáveis hidrodinâmicas das sub-bacias da margem esquerda do rio Paraguai, nos municípios de Cáceres e Porto Estrela, Mato Grosso

Sub-bacia	Características	Períodos	
		Cheia	Seca
Salobra	Largura (m)	-	
	Profundidade (m)	-	0,39
	Velocidade (m/s)	-	0,57
	Vazão (m ³ /s)	-	1,73
	Sedimento (mg/L)	-	0,22
	Descarga sólida (t/dia)	-	0,032
Cachoeirinha	Largura (m)	20,20	12,00
	Profundidade (m)	0,55	0,41
	Velocidade (m/s)	0,42	0,50
	Vazão (m ³ /s)	4,66	2,46
	Sedimento (mg/L)	840	200
	Descarga sólida (t/dia)	338,20	42,50
Taquaral	Largura (m)	-	-

	Profundidade (m)	-	-
	Velocidade (m/s)	-	-
	Vazão (m³/s)	3,72	0,03
	Sedimento (mg/L)	20	100
	Descarga sólida (t/dia)	6,42	0,26
Piraputanga	Largura (m)	-	0,06
	Profundidade (m)	0,0173	0,0013
	Velocidade (m/s)	0,94	0,29
	Vazão (m³/s)		0,22
	Sedimento (mg/L)	187	120
	Descarga sólida (t/dia)		2,28
Fontes	Largura (m)	0,1641	0,112
	Profundidade (m)	0,0076	0,0026
	Velocidade (m/s)	0	0
	Vazão (m³/s)	0	0
	Sedimento (mg/L)	252	580
	Descarga sólida (t/dia)	0	0
Sangradouro	Largura (m)	0,005	0,003
	Profundidade (m)	0,004	0,0005
	Velocidade (m/s)	0,10	0,50
	Vazão (m³/s)	0,02	0,0075
	Sedimento (mg/L)	40	110
	Descarga sólida (t/dia)	0,070	0,071
Junco	Largura (m)	0,0113	0,0099
	Profundidade (m)	0,0021	0,0011
	Velocidade (m/s)	0,2	0,2
	Vazão (m³/s)	0,04	0,02
	Sedimento (mg/L)	80	60
	Descarga sólida (t/dia)	0,27	0,10
Facão	Largura (m)	3,62	2,50
	Profundidade (m)	0,2319	0,009

	Velocidade (m/s)	0,63	0,26
	Vazão (m³/s)	8,17	1,61
	Sedimento (mg/L)	320	160
	Descarga sólida (t/dia)	225,88	22,25
Jacobina	Largura (m)	0,31	0,28
	Profundidade (m)	2,35	0,9
	Velocidade (m/s)	0,025	0,025
	Vazão (m³/s)	1,82	0,63
	Sedimento (mg/L)	80	420
	Descarga sólida (t/dia)	12,57	22,86

Fonte: Santos (2013); Cruz (2013); Cruz (2015); Souza (2015); Bühler (2016); Santana (2017); Raymundi (2017); Martins e Andrade (2018); Farias (2019); Tavares (2020); Prudêncio (2022); Santos (2022).

Quadro 12: Granulometria do sedimento de fundo das sub-bacias da margem esquerda do Rio Paraguai nos municípios de Cáceres a Porto Estrela, MT, durante o período chuvoso

Bacia	Sedimentos de fundo (%)				
	Areia grossa	Areia média	Areia fina	Argila	Silte
Salobra	1,70	90,10	6,65	0,65	0,90
Cachoeirinha	1,2	95,15	3,1	-	0,5
Taquaral	1,65	7,65	22,40	4,10	64,20
Piraputanga	38,32	47,69	5,41	8,58	
Jacobina	1,49	15,83	64	1,15	17,53
Facão	1,2	18,00	78,25	0,28	2,27
Olhos d'Água	1,05	27,60	24,2	47,17	
Fontes	1,65	2,30	73,60	0,55	91,90
Sangradouro	5,35	18,65	32,60	43,4	
Junco	0,32	3,72	93,75	0,57	1,65

Fonte: Santos (2013); Cruz (2013); Cruz (2015); Souza (2015); Bühler (2016); Santana (2017); Raymundi (2017); Martins e Andrade (2018); Farias (2019); Tavares (2020); Prudêncio (2022).

De acordo com os dados dispostos, a profundidade, largura, velocidade e vazão apresentam redução nos períodos de estiagem. Em decorrência da diminuição do fluxo de água na foz, o transporte de sedimentos leves se torna superior ao de sedimentos mais pesados.

De modo natural, o relevo plano próximo à foz determina a dinâmica fluvial, bem como o transporte de sedimentos observado no baixo curso dos rios das sub-bacias hidrográficas. É importante relacionar, porém, que, além das condições naturais, as ações antrópicas realizadas no alto e médio curso dos rios e em seu entorno também podem interferir na dinâmica fluvial e na carga de sedimentos na área da foz.

3.4 Características do curso fluvial das sub-bacias, sedimento de fundo e suspensão

3.4.1 Sub-bacia Salobra

A sub-bacia hidrográfica do córrego Salobra ocupa uma área de 759,02 km², classificada como de grandeza média e quarta ordem na hierarquia fluvial, com uma densidade de drenagem 0,48 km/km² e uma densidade de rios de 0,18 km². Os rios que compõem a rede hidrográfica do Salobra têm sua origem nas serras da Província Serrana. O alto curso da sub-bacia é caracterizado por uma área preservada, uma vez que muitas nascentes estão localizadas na reserva ecológica.

Ao longo de seu percurso, o córrego Salobra aumenta seu volume, apresentando maior vazão. Fora da reserva, o entorno do córrego atravessa áreas rurais, onde se observa uma maior influência da antropização. No médio curso, o córrego Salobra perde o controle estrutural da Província Serrana, e se caracteriza como meandrante. Nessa região, a sub-bacia está inserida uma área de pecuária extensiva, onde muitos espaços tiveram sua vegetação marginal substituída por pastagens e pecuária, especialmente na margem direita. O uso inadequado da terra, em desacordo com as leis ambientais do novo Código Florestal, intensifica os processos de erosão, aumentando a carga de sedimentos no rio (Figura 30).



Figura 30: Acesso do rebanho bovino ao córrego Salobra, em Porto Estrela, Mato Grosso. Fonte: Raymundi: 2023; Sub-bacia Salobra, Porto Estrela, Mato Grosso.

O canal apresenta características meandantes no baixo curso, com predomínio de pastagens em seu entorno. Em virtude do difícil acesso aos locais próximos à foz, a vegetação na região encontra-se preservada.

3.4.1.1 Dinâmica fluvial, sedimentos de fundo e em suspensão

Na localidade da foz, a sub-bacia do córrego Salobra registrou uma profundidade de 0,39 m, velocidade de 0,57 m/s e uma vazão de 1,73 m³/s (Tabela 04). A análise granulométrica do sedimento de fundo indica a presença de 1,7% de areia grossa, 90,1% de areia média, 6,65% de areia fina, 0,65% de argila e 0,9% de silte (Quadro 12).

Souza (2015) explica que a fração de areia média encontrada na confluência é resultado do processo de deposição e da dinâmica no córrego Salobra. O acesso e o pisoteio do gado no canal, associados à composição granulométrica, refletem no valor de 0,22 mg/L dos sedimentos em suspensão.

3.4.2 Sub-bacia Cachoeirinha

Os canais fluviais que formam o córrego Cachoeirinha têm origem na Província Serrana. Devido à dificuldade de acesso e à impraticabilidade do

entorno das nascentes permanece preservado. No médio curso, o canal apresenta menos turbulência devido à declividade do relevo. Nessa localidade, a influência antrópica é intensa, afetando o entorno do córrego. No baixo curso, o canal se caracteriza como meandrante, sem turbulência, a capacidade de transportar sedimentos é reduzida, destacando-se o fluxo laminar e o deslocamento de partículas leves (Santos, 2013).

3.4.2.1 Dinâmica fluvial, sedimentos de fundo, em suspensão e descarga sólida

No córrego Cachoeirinha, a profundidade média registrada foi de 0,55 m e velocidade da água foi de 0,42 m/s durante o período chuvoso. Na estação seca, a profundidade foi de 0,41 m e a velocidade da água aumentou para 0,50 m/s (Tabela 04). Santos (2013) observou a presença de muitos troncos caídos nas proximidades da foz, que dificultam o escoamento, criando obstáculos e, conseqüentemente, bancos de areia.

A análise dos sedimentos de fundo evidenciou a predominância de depósitos de sedimentos mais finos, com 95,15% de areia média, 3,1% de areia fina e 0,5% de silte (Quadro 12). A capacidade de transporte de sedimentos grossos é reduzida, prevalecendo o transporte de sedimentos mais leves.

Segundo Santos, (2013), o baixo curso do córrego Cachoeirinha recebe contribuições dos afluentes córrego Fundo, Barreiro Grande, Figueira, Água Branca e o Anhumas, favorecendo os elevados níveis de sedimentos em suspensão, que alcançam 840 mg/L durante a cheia e 200 mg/L na estação seca.

3.4.3 Sub-bacia do Taquaral

As nascentes do córrego Taquaral estão localizadas na área elevada da Província Serrana e são influenciadas pelo calcário da Formação Araras e pelo arenito da Formação Raizama. Nessa localidade, a vegetação ciliar foi parcialmente removida, restando apenas 25 m, descumprindo a legislação que exige uma faixa de proteção de 50 m. A área é ocupada por propriedades rurais de pequeno e médio porte, que se dedicam à pecuária bovina, suína e avícola. Esses animais têm acesso livre ao canal, sem qualquer restrição, fato que, aliado

à remoção da vegetação, contribui com os processos erosivos e para o assoreamento nos canais.

No baixo curso, o córrego do Taquaral flui lentamente pela Depressão do Alto Paraguai. Com características similares às do alto e do médio curso, a área ao redor do córrego Taquaral nesse segmento também é afetada pelo uso irregular das margens do canal, ocasionando a redução da mata ciliar e o acesso do gado no canal.

3.4.3.1 Dinâmica fluvial, sedimentos de fundo e em suspensão

Durante o período de cheia, a vazão registrada foi de 3,72 m³/s, com uma concentração de sedimentos em suspensão de 20 mg/L. No tempo de estiagem, a vazão caiu para 0,03 m³/s, enquanto a concentração de sedimentos aumentou para 100 mg/L (Tabela 04). A análise granulométrica revelou uma predominância de silte (64,20%) e areia fina (22,40%) na época de cheia.

Os sedimentos de fundo considerados mais leves foram transportados com mais facilidade, enquanto os sedimentos grosseiros, por serem pesados, são conduzidos com dificuldade devido à perda de capacidade de transportar essas partículas. Segundo Farias (2019), apesar dos valores de vazão serem expressivos durante a cheia, no período de estiagem, alguns trechos a montante sofrem barramentos, impedindo diretamente a descarga líquida.

3.4.4 Sub-bacia Piraputanga

A área composta por serras e vales (anticlinais e sinclinais) na unidade geomorfológica da Província Serrana é a região de nascentes do córrego Piraputanga, localizada no alto curso. Nessa localidade, o afloramento de água provém das formações geológicas Raizama (arenito) e Araras (calcário).

À medida que as condições do relevo e do solo favorecem o uso da terra, a exploração desrespeita o Código Florestal. O alto curso da sub-bacia é utilizado para a criação de bovinos. Muitas nascentes, portanto, não são protegidas por vegetação ciliar, sendo represadas e utilizadas para a dessedentação de animais. Mais ainda: o curso d'água, ao percorrer o relevo, passa por declives acentuados, formando cachoeiras cercadas por vegetação, locais destinados a atividades recreativas, como balneários.

No médio curso, o desenvolvimento da pecuária limitou os trechos com vegetação ciliar e restringiu a proteção contra o uso por animais. Nos locais mais íngremes, o canal é mais escavado, e o acesso é restrito. No baixo curso, o córrego adentra uma área de relevo plano da Planície e dos Pantanaís mato-grossenses, com vegetação ciliar protegendo as margens dos rios.

3.4.4.1 Dinâmica fluvial, sedimentos de fundo e em suspensão

A vazão atinge 5,26 m³/s durante os períodos chuvosos. Essa dinâmica segue a tendência identificada nas demais sub-bacias, onde a declividade reduzida interfere na velocidade da água e no transporte de sedimentos de fundo e suspensos ao longo do perfil longitudinal. As coletas de sedimentos de granulometria grossa, média, fina, além de silte e argila, não foram desenvolvidas na calha do curso.

3.4.5 Sub-bacia Jacobina

Nas serras sustentadas por rochas de calcário da Formação Araras, caracterizadas por um relevo forte e ondulado, ocorre a formação de nascentes. Essas águas ressurgem, formando a rede de drenagem da sub-bacia do córrego Jacobina.

A área do alto curso do córrego Jacobina é ocupada por atividades voltadas para a pecuária. Nesses espaços, a vegetação nativa foi substituída por pastagens, e o gado utiliza as águas do córrego para se dessedentar. A vegetação, escassa e composta principalmente por algumas árvores nativas espaçadas, é insuficiente para proteger as margens. Focos de erosão foram evidenciados, nos locais onde o gado tem acesso. No alto curso, o córrego flui em trechos que formam corredeiras e quedas d'água, devido ao afloramento de rochas calcárias da Formação Araras e arenitos da Formação Raizama.

A pecuária bovina também é uma prática comum na área do médio curso, onde o fluxo do córrego Jacobina apresenta ainda turbulência e maior volume. Após adentrar no baixo curso, o córrego perde o controle estrutural e flui divagando por entre a planície de inundação. Nesse local, a vegetação se mantém preservada e entrelaçada, dificultando o acesso (Figura 31).

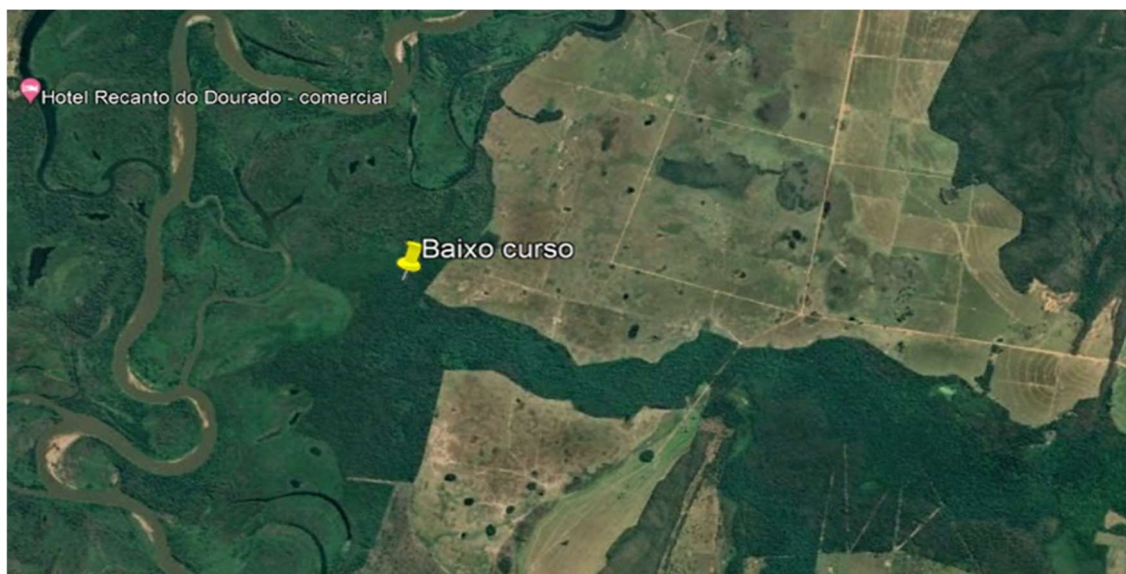


Figura 31: Baixo curso do córrego Jacobina. **Fonte:** Google Earth; Org. Raymundi 2023.

3.4.5.1 Dinâmica fluvial, sedimentos de fundo e em suspensão

Na área da foz, a velocidade registrada foi de 0,025 m/s. Apesar das aferições terem apresentado o mesmo valor nas estações de seca e de chuva, os resultados referentes à profundidade e largura foram distintos. Durante o período chuvoso, a largura foi de 0,31 m, com profundidade de 2,35 m e, no período da seca, as medições corresponderam a 0,28 m de largura e 0,9 m de profundidade.

Os registros de vazão identificados por Bülher (2016) no córrego Jacobina foram de 0,63 m³/s durante a seca e 1,82 m³/s na estação chuvosa. É notável que, nas menores vazões, foi registrada uma maior quantidade de sedimentos suspensos. O quantitativo dos sedimentos em suspensão no período seco foi de 80 mg/L. Segundo Bülher (2016), esse valor é considerado baixo, visto que, em períodos de estiagem, a autora registrou um valor de 420 mg/L na foz, atribuindo o elevado valor ao baixo volume de água, que possibilita maior concentração de sedimentos.

Os sedimentos de maior granulometria registrados foram 1,49% de areia grossa, 15,83% de areia média e 64% de areia fina. A velocidade reduzida do fluxo influencia na baixa capacidade de transportar os sedimentos pesados. É notável que, durante os eventos de chuva, o fluxo de água tende a aumentar, promovendo o deslocamento e acúmulo desses sedimentos, que muitas vezes são retidos por troncos, afloramentos rochosos ou raízes de árvores.

É importante ressaltar que a presença de sedimentos grossos nos canais também está relacionada às condições geológicas da sub-bacia, pois, nos arredores e em alguns pontos dentro do canal fluvial, os afloramentos rochosos sofrem a ação do intemperismo.

3.4.6 Sub-bacia do Facão

Nas serras e vales da Província Serrana, pequenos cursos de água são formados, descendo mediante a declividade estabelecida pelo relevo dobrado, estruturado pelas Formações Araras, Raizama e Diamantino.

As rochas de arenito da Formação Raizama compõem a serra do Facão, onde estão localizadas as nascentes do córrego Facão. A área de nascente apresenta reduzida vegetação ciliar e, em seu entorno, ocorre uso para pastagem e recreação. A população local usufrui das águas que afloram da rocha, para consumo. Vale ressaltar que, além das nascentes, esse trecho é constituído por vales cegos, com a presença de sumidouros, que são comuns em áreas de rochas calcárias, onde a água consegue penetrar nas fissuras das rochas. A densidade da drenagem nessas áreas é baixa devido à facilidade de absorção da água na rocha (Cruz, 2015).

O córrego Facão, no alto curso, flui sob controle estrutural na serra Ponta do Morro e na serra do Facão. A declividade nessa região contribui para a formação de cachoeiras e corredeiras. No médio curso da sub-bacia, o córrego adentra a Depressão do Alto Paraguai, onde se encontram superfícies aplainadas cobertas por sedimentos antigos e recentes. Nas áreas adjacentes ao canal fluvial, ocorre a prática da pecuária extensiva e da agricultura familiar. A vegetação ciliar encontra-se parcialmente preservada, e há livre acesso do gado ao córrego. Nesse trecho, estão localizados os assentamentos Facão e Facão Bom Jardim.

No baixo curso, o canal flui de forma divagante pela planície fluvial do rio Paraguai, deixando de ter uma calha definida. Nessa área, a pecuária extensiva ocupa espaços próximos do canal. Na localidade da foz, a vegetação ciliar está preservada e a dificuldade de acesso contribui para a conservação do canal nesse trecho, que se encontra parcialmente preservado.

3.4.6.1 Dinâmica fluvial, sedimentos de fundo e em suspensão

Os resultados das variáveis hidrodinâmicas analisadas apresentaram uma profundidade da lâmina de água de 0,2319 m e uma velocidade 0,63 m/s durante a cheia. Na estação seca, a profundidade é de 0,009 m e a velocidade de 0,26 m/s. No período de cheia, esses valores foram superiores em comparação com a estação seca, porém a largura permaneceu constante em 2,50 m nas aferições realizadas.

Conforme esperado, os sedimentos de textura grossa apresentaram uma quantidade reduzida (1,2%), devido à baixa capacidade de transportar sedimentos mais pesados. Os sedimentos mais leves foram representados pela areia média (18,0%) e fina (78,25%) (Cruz, 2015). Os sedimentos de partículas muito finas, como o silte e a argila, são facilmente transportados, especialmente em períodos de cheia, devido ao aumento da velocidade da água. Nessas condições, foram registrados 2,27% de silte e 0,28% de argila. Segundo Cruz (2015), esses valores foram superiores na estação seca, visto que a baixa velocidade da água contribui para a concentração desses sedimentos.

O resultado dos sedimentos transportados em suspensão foi bastante expressivo, registrando 320 mg/L. É importante ressaltar que um dos fatores responsáveis pela elevada quantidade de material em suspensão é o período chuvoso. Durante as chuvas, ocorre o escoamento superficial das encostas das serras para dentro do canal, carregando sedimentos conduzidos pela enxurrada. O aumento do fluxo provoca a erosão das margens, favorecendo o surgimento e a condução de mais sedimentos para dentro do canal fluvial.

Souza e Sousa (2014) afirmam que a vegetação ciliar e das encostas contribui para o equilíbrio entre os elementos que compõem o meio ambiente, funcionando como um indicador de boas condições ambientais de uma região.

3.4.7 Sub-bacia Olhos d'Água

A sub-bacia Olhos D'água apresenta, em seu alto, médio e baixo curso, uma área de 8,72 km², localizada na unidade geomorfológica do Alto Paraguai, no município de Cáceres, em Mato Grosso. O córrego é intermitente e, durante o período de chuva, percorre um relevo plano suavemente ondulado, com

declividade variando de 3% a 8%. Sua grandeza é categorizada como “pequena”, ocupando a classe primeira ordem.

Com o crescimento urbano, a área do córrego Olhos d'Água teve sua vegetação retirada para construção de residências, além de incorporar a prática de criação e cultivo de hortaliças. Dessa forma, no alto curso, foram construídos açudes para dessedentação animal, tanques para a atividade de piscicultura e o aproveitamento do espaço para cultivo de pastagens.

Outra mudança decorrente do processo de urbanização foi a construção de um canal artificial para receber toda a água e todo o esgoto e pluvial do residencial Jardim Aeroporto, oriundo do projeto *Minha Casa, Minha Vida*. O desenvolvimento dessas atividades causa modificações no leito e erosão das margens, potencializando o processo de sedimentação, que, associado à construção de pontes e arruamentos, compromete o escoamento do curso hídrico no seu perfil longitudinal. Durante os eventos de chuva, esses bancos de sedimentos presentes na calha são transportados.

3.4.7.1 Dinâmica fluvial, sedimentos de fundo e em suspensão

De acordo com Cruz (2013), o córrego atingiu profundidade de 0,0157 m, na foz; porém, a velocidade e a vazão não foram observadas pelo autor. Vale ressaltar que, nos córregos urbanos de Cáceres, muitos trechos apresentam ausência de velocidade. Essa situação foi observada por Raymundi (2017) e Santana (2017) durante as coletas de dados nas atividades de campo nos córregos Sangradouro e Junco. A baixa declividade de 3%, associada às alterações ocasionadas pela expansão urbana, como pontos de estrangulamentos e assoreamento, impede o fluxo de água, tornando comum a ausência de velocidade em diversos trechos.

A análise granulométrica dos materiais de fundo identificou, segundo Cruz (2013), 1,05% de areia grossa, 27,60% de areia média, 24,2% de areia fina e 47,17% de partículas muito pequenas (silte e argila). O córrego Olhos d'Água apresenta regime hidrológico intermitente. Assim, a decantação do material fino está relacionada à diminuição do fluxo de água e à perda de declividade, bem como às barreiras naturais, como estradas que cortam o córrego. Essa condição

compromete o fluxo e a capacidade de transportar sedimentos, principalmente das partículas pesadas.

3.4.8 Sub-bacia do Fontes

O canal Fontes ocupa 99,52% de sua área no alto e médio curso, localizado na Depressão do Alto Paraguai e 0,48% na Planícies e Pantanaís do Rio Paraguai. O alto curso do canal abrange uma área de chácaras, onde não há vegetação ciliar. O uso da terra destina-se à criação em pequeno porte de gado e à construção de bairros residenciais.

No médio e baixo curso, a estrutura urbana é intensificada, havendo, além de moradias, atividades comerciais. Ao longo do seu perfil longitudinal, as margens do canal são desprovidas de vegetação ciliar. Nota-se que o espaço no entorno foi completamente ocupado, com a construção de vias que seguem paralelas ao canal, além de quintais de residências que se estendem até o limite da margem. A construção de pontes e arruamentos obstrui o canal, favorecendo o acúmulo de sedimentos e diminuindo ainda mais o fluxo hídrico em um relevo de baixa declividade.

O baixo curso caracteriza-se por apresentar intensas alterações decorrentes da ocupação antrópica de forma irregular, que ocasiona despejo de dejetos e entulhos no canal. Devido à manutenção realizada pela Prefeitura Municipal de Cáceres, o canal Fontes sofreu alterações, como a retificação e a dragagem do leito, visando remover sedimentos e aprofundar o leito.

3.4.8.1 Dinâmica fluvial, sedimentos de fundo e em suspensão

A análise da composição granulométrica grossa, realizada por Cruz (2013), identificou 1,65% de areia grossa, 2,30% de areia média e 73,60% de areia fina. As partículas muito pequenas, compostas por silte e argila, correspondem a 3,25%. Segundo Cruz, o sedimento grosseiro presente na foz está associado à contracorrente do rio Paraguai. Durante as cheias, o rio adentra a área de baixa declividade existente no baixo curso, viabilizando a propagação da contracorrente do rio Paraguai para a montante dos afluentes. Assim sendo, a ocorrência de partículas sedimentares grossas, no baixo curso do canal do

Fontes, relaciona-se ao período de cheias do rio Paraguai, que, ao transbordar, inunda o canal e seu entorno com água e sedimentos.

A grande quantidade de água que o canal recebe no período chuvoso escoar com dificuldade devido aos pontos de estrangulamentos que obstruem o livre fluxo da água, contribuindo para o processo de inundação de alguns bairros nessa região.

3.4.9 Sub-bacia do Sangradouro

O alto curso da sub-bacia do córrego Sangradouro abrange 2,77 km² da área na unidade geomorfológica da Província Serrana. Entre a Serra Bom Jardim e a Serra do Lobo, encontra-se a nascente do córrego Sangradouro, que percorre sítios, chácaras e bairros residenciais até chegar à sua foz e desaguar na baía do Malheiros no rio Paraguai. No alto curso, a construção de represas destinadas à dessedentação do gado causa alterações na dinâmica natural do curso. Nessa localidade, a vegetação foi retirada e substituída por pastagens.

No médio curso, também se observa o cultivo de pastagem no entorno do córrego, além da ausência de vegetação ciliar. Essa situação potencializa processos erosivos e a condução de sedimentos para o leito do canal. A sub-bacia passa a ser ocupada por bairros residenciais, e nesse trecho, a vegetação foi retirada para a construção de residências e ruas. As águas do córrego, durante o período chuvoso, se espalham pela planície de inundação, que apresenta baixa declividade (3%). Para evitar o alagamento, a Prefeitura Municipal de Cáceres, por meio da Secretaria de Obras, desenvolve serviços de terraplanagem e abertura de drenos.

Ao longo do perfil longitudinal, muitas alterações típicas de áreas urbanas, como a construção de pontes e o aterramento do leito maior, ocasionaram mudanças na morfologia do córrego Sangradouro. Com o passar dos anos, a intensificação da urbanização descaracterizou a sub-bacia do córrego Sangradouro. No baixo curso, o córrego Sangradouro atravessa uma área de intensa urbanização, e de ocupação mais antiga no município de Cáceres; logo, as transformações na morfologia desse córrego vêm acontecendo desde a fundação da cidade quando suas margens foram ocupadas (Cruz, 2013).

O córrego Sangradouro passou por diversas mudanças em sua morfologia próximo à foz, dentre as quais se destacam o padrão retilíneo, a canalização em sistema de galeria com uma extensão de 1 km, revestimento de placas de concreto e uma seção transversal de 3 x 5 metros.

3.4.9.1 Dinâmica fluvial, sedimentos de fundo e em suspensão

Santana (2017) identificou na foz do córrego Sangradouro, em janeiro e maio, a vazão de 0,02 m³/s. Apesar de serem os maiores valores obtidos, ainda são considerados baixos, devido às alterações nas características naturais do córrego. No período de monitoramento correspondente a janeiro, a profundidade no trecho da foz, conforme observado por Santana (2017), foi de 0,004 m, com uma velocidade de 0,10 m/s. Na estação seca, a vazão foi de 0,0075 m³/s, apresentando profundidade de 0,0005 m, largura de 0,003 e velocidade de 0,50 m/s.

Assim como o canal dos Fontes, o córrego Sangradouro também é afetado pelo efeito da contracorrente em períodos de cheia. A troca de matéria e energia, por meio da conexão entre o córrego e o rio Paraguai, possibilita a invasão contracorrente das águas do Paraguai, promovendo o retardamento ou represamento por quilômetros. Devido a essas alterações, ocorreram, nos últimos anos, inundações a montante da área canalizada durante os períodos chuvosos.

As taxas de sedimentos em suspensão foram de 0,40 mg/L na estação chuvosa e 110 mg/L na estação seca. A análise granulométrica do sedimento de fundo, observada por Cruz (2013) na foz do córrego Sangradouro, demonstrou que a perda da declividade, influencia na capacidade de transportar sedimentos pesados. Assim, a diminuição do fluxo torna propícia a decantação e/ou sedimentação dos sedimentos finos. Nesse trecho do canal, foram verificados 5,35% de areia grossa, 18,65% de areia média, 32,60% de areia fina e 43,405% de partículas muito pequenas (silte e argila).

3.4.10 Sub-bacia do Junco

A sub-bacia do Junco ocupa uma área na Depressão do Alto Paraguai e, apesar de ser uma bacia urbana, tem sua nascente localizada em uma área rural,

onde a atividade predominante é a pecuária bovina. Nesta área, a vegetação foi removida até o limite da margem e substituída por pastagem. O fluxo de água foi represado e usado para dessedentação de animais bovinos.

Em ambiente urbano, a vegetação foi retirada para a construção de residências, sendo comum chácaras, com criação de animais de pequeno porte e cultivo de hortaliças. Os pontos de estrangulamento, como pontes e vias, ao longo do perfil longitudinal no médio e baixo curso comprometem o fluxo de água até a foz, que, devido à baixa declividade (3%), é naturalmente lento.

Após a década de 1980, a bacia passou por um acelerado e desorganizado processo de urbanização, resultando em ocupações irregulares na área geomorfológica das Planícies e Pantanaís. Para adequar a área e torná-la acessível à população, foram efetuadas obras de aterramento, além do desvio do córrego e da ligação em um canal artificial que passa pela localidade do Empa até atingir o rio Paraguai. Essa obra teve como objetivo drenar a água e evitar o alagamento da área em questão, assim como dos bairros próximos, que também se situam em relevo com baixa declividade.

Além da ausência de vegetação ciliar, dos processos erosivos e do assoreamento, o fluxo do curso hídrico é comprometido pelo lixo depositado na calha (Figura 32). No período de cheia, a turbulência da água transporta esses materiais até o rio Paraguai.



Figura 32: Despejo de lixo no canal do córrego do Junco

Fonte: Raymundi 2022.

3.4.10.1 Dinâmica fluvial, sedimentos de fundo e em suspensão

Na área do baixo curso, próximo à foz, a profundidade é de 0,0021 m, a largura de 0,0113 m, a velocidade de 0,2 m/s e vazão de 0,04 m³/s durante os períodos de chuvas. Na época da estiagem, a profundidade é de 0,0011 m, a largura é de 0,0099 m, a velocidade permanece em 0,2 m/s e a é de vazão 0,02 m³/s. Neste trecho, o canal é artificial, retilíneo e apresenta margens com barranco de cinco metros (Figura 33).

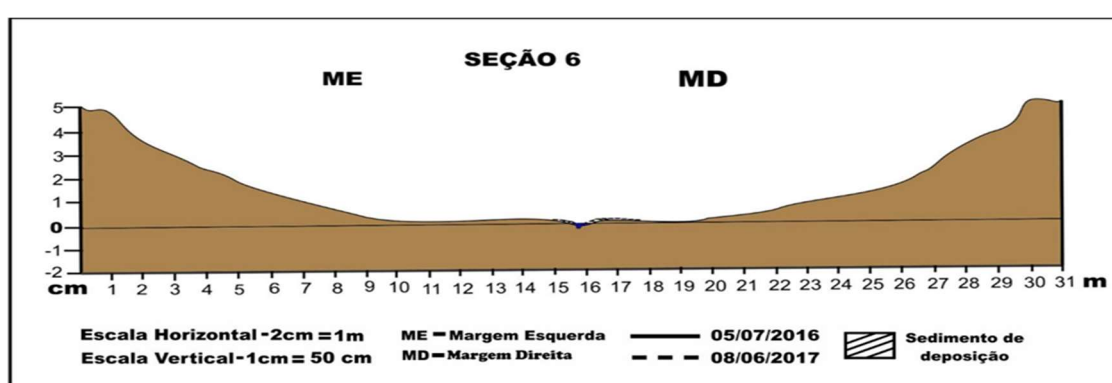


Figura 33: Perfil transversal do canal do Junco próximo a foz do rio Paraguai
Fonte: Raymundi (2017).

Essa condição possibilita drenar a água durante os períodos de cheia e evitar o alagamento na planície de inundação. Diante desse contexto, é notável que, a jusante, o canal tende a aumentar sua capacidade de armazenamento de água, alcançando, nas proximidades da foz, uma capacidade de 62,12 m (Cruz, 2013).

Nos períodos de cheia, as águas do rio Paraguai alcançam as margens, adentrando no espaço ocupado pelo córrego do Junco em sua foz, por meio do efeito de contracorrente. Essa condição acontece no pico da cheia; ademais, o fluxo de água é bastante reduzido, devido às ações antropogênicas.

O desmatamento da vegetação ciliar, o uso da terra e a condição do solo arenoso interferem na granulometria encontrada no canal. Nessa localidade, Raymundi (2017) verificou 0,32% de areia grossa, 3,72% de areia média, 93,75% de areia fina, 0,57% de argila e 1,65% de silte. O solo arenoso, quando exposto aos processos erosivos, é caracterizado como frágil, pois não é resistente à erosão. Outro fator de fragilidade relaciona-se à pequena quantidade de argila,

uma vez que a argila em baixa quantidade dificulta a cimentação e a formação de agregados no solo. Essa situação favorece os processos erosivos e o assoreamento do canal ao longo do perfil longitudinal.

As partículas de sedimentos suspensos são significativas no córrego do Junco, podendo, e esse valor pode ser explicado pelo excesso de sedimentos depositados na calha fluvial (Figura 34).



Figura 34: Trecho próximo à foz do córrego do Junco. **Fonte:** Raymundi (2023).

O valor identificado de sedimentos em suspensão na proximidade da foz durante o período chuvoso foi de 80 mg/L, enquanto no período de estiagem corresponde a 60 mg/L.

3.5 Descarga sólida

Na Tabela 04, estão apresentados os resultados da descarga sólida total (Q_{ss} t/d) para o complexo de sub-bacias hidrográficas. Os dados das amostras coletadas durante os períodos chuvosos apresentaram resultados com valores distintos em comparação com os períodos de estiagem (Figura: 35).

Dentre os dados analisados, o córrego Cachoeirinha apresentou a maior descarga de sedimentos. Santos (2022) verificou, durante a estação mais úmida, uma carga sedimentar de 338,20 t/d, com vazão 4,66 m³/s. Durante a estação seca, esse valor diminuiu para 42,50 t/d de sedimentos e vazão de 2,46 m³/s.

A declividade do relevo é um fator importante que influencia o gradiente energético. Em relevo plano, o escoamento da água torna-se lento, o que resulta na deposição das partículas maiores, enquanto os sedimentos de menor granulometria permanecem em suspensão.



Figura 35: Descarga sólida em suspensão. **Fonte:** Santos (2013); Cruz (2013); Cruz (2015); Souza (2015); Bühler (2016); Santana (2017); Raymundi (2017); Martins e Andrade (2018); Farias (2019); Tavares (2020); Prudencio (2022); Santos (2022); organizado por Raymundi.

O baixo curso dos rios do complexo de sub-bacias está localizado no relevo plano das Planícies e Pantanaís. Essa condição, associada à falta de proteção nas margens dos córregos, à ocupação irregular e às obras urbanas como pontes e vias, ocasiona barramentos na calha, dificultando e, muitas vezes, impedindo o fluxo das águas. Com base nessa interpretação, é possível relacionar os menores resultados da descarga sólida e vazão nas sub-bacias Fontes com (0), Junco (0,276 t/dia / 0,04 m³/s) e Sangradouro com (0,18 t/dia /

0,02 m³/s). Percebe-se que a descarga de sedimentos acompanha o comportamento da descarga líquida. Durante a estiagem, a vazão e a carga de sedimentos tendem a diminuir, resultando no córrego Junco uma descarga sólida de 0,10 t/dia com vazão de 0,01 m³/s, e no Sangradouro 0,080 t/dia com 0,01 m³/s de vazão.

É possível identificar, nas imagens do córrego Junco, Fontes e Sangradouro, bancos e barras de sedimentos depositados no canal (Figura 36).

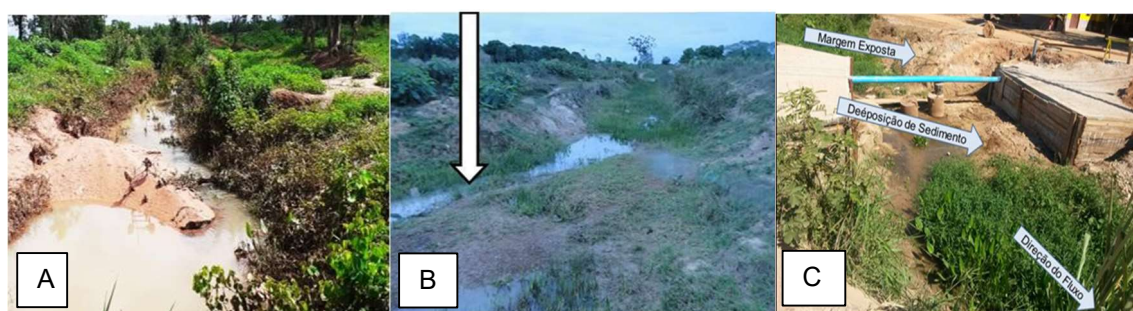


Figura 36: Depósitos de sedimentos no córrego Taquaral e Córrego do Sangradouro. **Fonte:** **A** – Prudêncio (2022); **B** – Cruz, (2013), **C** – Prudêncio (2022).

Aferições dos parâmetros hidrodinâmicos foram realizadas por Santana (2017) no Sangradouro, Raymundi (2017) no Junco e Prudêncio (2022) no córrego Fontes, em ambos os córregos foi verificado ausência de vazão m³/s⁻¹.

A vazão tende a aumentar durante eventos de precipitação, potencializando o nível energético da água e a movimentação de partículas maiores, que atuam sobre os depósitos de sedimentos formados nos períodos de baixa vazão. Dessa maneira, é possível concluir que parte dos sedimentos acumulados nesses canais e em seu entorno é facilmente conduzida, após a ocorrência de chuvas intensas, elevando a descarga sólida total nesses ambientes.

Os dados analisados indicaram a máxima descarga de sedimentos nos córregos Cachoeirinha, com 338,20 t/d (estação úmida), 42,50 t/d (seca) e Facão com 225,88 t/d (estação úmida), 22,24 t/d (seca). Em relação ao córrego Cachoeirinha, Santos (2022), explica que a dinâmica do ambiente contribuiu para esses resultados. O autor menciona que o ponto de coleta ocorreu em um trecho de meandro na margem côncava, onde há incidência de erosão devido

ao ângulo de atrito pelo fluxo da água. Vale ressaltar que a coleta foi realizada logo após uma chuva.

Semelhante que ocorre no córrego Cachoeirinha, a área de coleta do córrego Facão, também foi influenciada pela morfologia da margem côncava. Outro fator mencionado por Cruz (2015) é a influência antrópica, decorrente da criação de bovinos.

As pesquisas desenvolvidas no córrego Salobra contemplaram apenas uma coleta de dados, realizada no mês de setembro, período em que a estiagem se caracteriza como condição climática, havendo rios mais secos com menor gradiente energético, com vazão de $1,73 \text{ m}^3/\text{s}$. Assim, a capacidade de transportar sedimentos é reduzida, influenciando a descarga sólida de $0,032 \text{ t/d}$. Ademais, essa área de coleta apresenta, em seu entorno, vegetação que, segundo Souza (2015), dificulta o acesso por terra, sendo possível chegar a ela apenas pelo rio Paraguai.

Lima *et al.* (2013), explica que a vegetação nativa desempenha várias funções eco hidrológicas, como a regulação da quantidade de água, controle da erosão e aporte de sedimentos e, conseqüentemente, influencia nos parâmetros físico-químicos dos cursos d'água. Desse modo, é possível que a vegetação esteja influenciando na proteção e estabilização do solo próximo à encosta, favorecendo a redução da descarga sólida.

A área da foz do córrego Jacobina também apresenta características de preservação da vegetação e dificuldade de acesso; porém, foi identificada uma maior concentração de carga sólida, determinada pelo valor de $22,86 \text{ t/d}$. Verifica-se que os sedimentos leves de silte e argila estão mais concentrados no córrego Jacobina, quando comparado ao Salobra, com $17,53\%$ de silte e $1,15\%$ de argila.

Essa diferença pode ser justificada pela predominância geológica da Formação Araras, que apresenta, em sua estrutura, intercalações de siltitos e argilitos. Por serem partículas leves, são facilmente conduzidas pelo fluxo d'água, resultando em uma concentração de sedimentos em suspensão em 420 mg/L . Bühler (2016) atribui esse valor à estiagem, pois durante esse período, o volume de água é reduzido, tornando os sedimentos mais concentrados.

A carga sedimentar em suspensão do córrego Jacobina, durante a cheia, é menor (80 mg/L), com vazão de $1,82 \text{ m}^3/\text{s}$, resultando em $12,57 \text{ t/d}$ de

sedimentos transportados. Na sub-bacia do córrego Jacobina, a retirada da mata ciliar, a construção de estradas, a agricultura e a pecuária potencializam os valores da carga sólida nesse corpo d'água.

No córrego Taquaral, a área próxima à foz, na baía Redonda, não apresenta vegetação preservada e, nesse trecho da planície de inundação, também ocorre a criação de bovinos durante os períodos de estiagem. As ações antropogênicas refletem nos valores de concentração de sedimentos, que são de 20 mg/L, e na descarga líquida, que é de $3,72 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$. A produção específica de sedimentos pela descarga sólida é calculada em $6,42 \text{ t/dia}^{-1}$; ao mesmo tempo, na época de seca, a vazão é de $0,03 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$, com sedimentos em suspensão de 100 mg/L e uma descarga sólida de $0,26 \text{ t/dia}$.

A partir dos valores de concentração de sedimentos e da descarga líquida na seção em estudo, é possível calcular a descarga sólida em suspensão e a produção específica de sedimentos. O aporte de sedimentos de uma bacia hidrográfica observado em uma seção é escoado pelo fluxo d'água. Portanto, é possível compreender que o monitoramento da descarga total de sedimentos neste ponto corresponde à perda de solo desta sub-bacia.

No córrego Piraputanga, as aferições ocorreram no período de estiagem, registrando uma vazão de $0,22 \text{ m}^3/\text{s}$ e 120 mg/L de sedimentos em suspensão. Essa condição permitiu o deslocamento de $2,28 \text{ t/dia}$ de descarga de sedimentos. Lima *et al.* (2022) acrescentam que, durante o período chuvoso, essa capacidade tende a aumentar, pois a calha fluvial no médio e baixo curso apresenta largura superior a 5 metros.

As formas de uso na sub-bacia do córrego Piraputanga são diversificadas. Assim, é possível verificar diferentes impactos nos canais fluviais, que refletem nos processos de erosão e deposição. Esses danos comprometem, consequentemente, a dinâmica e o equilíbrio natural da vazão e descarga de sedimentos.

No complexo de sub-bacias, a rede de drenagem apresenta, no baixo curso, leitos com pouca declividade e, consequentemente, baixa velocidade no fluxo. Souza *et al.* (2019), ao estudarem seções no baixo curso do rio Sepotuba, no Pantanal mato-grossense, observaram que o baixo fluxo está naturalmente relacionado à declividade do leito. Os autores acrescentam que essas características influenciam as feições deposicionais (barra centrais e laterais) no

leito. Além da declividade, a formação dessas feições também interfere na turbulência, na distribuição de velocidade e nas concentrações de sedimentos.

Observa-se que o uso do solo interfere na dinâmica natural dos cursos hídricos e potencializa a produção de sedimentos carregados do complexo de sub-bacias para o rio Paraguai e, conseqüentemente, o Pantanal.

3.6 Aspectos gerais da rede de drenagem das sub-bacias

De acordo com Suguio e Bigarella (1990), em direção a jusante, a composição granulométrica dos sedimentos transportados tende a diminuir. Os autores explicam que essa dinâmica está relacionada ao processo de diminuição da competência do rio. Nesse sentido, com o aumento da profundidade a jusante, associado à diminuição da declividade e à redução do cisalhamento, ocorre a diminuição da competência fluvial.

Devido à diminuição da declividade na área de influência da planície de inundação do rio Paraguai, a velocidade do fluxo torna-se lenta, o que evita a erosão das margens nessa localidade. Esse fluxo reduz os processos erosivos e a capacidade de transportar sedimentos maiores, deslocando apenas partículas pequenas e muito finas.

A granulometria do sedimento de fundo indicou que, em todas as coletas, houve predomínio de areia média e fina (Figura 37).

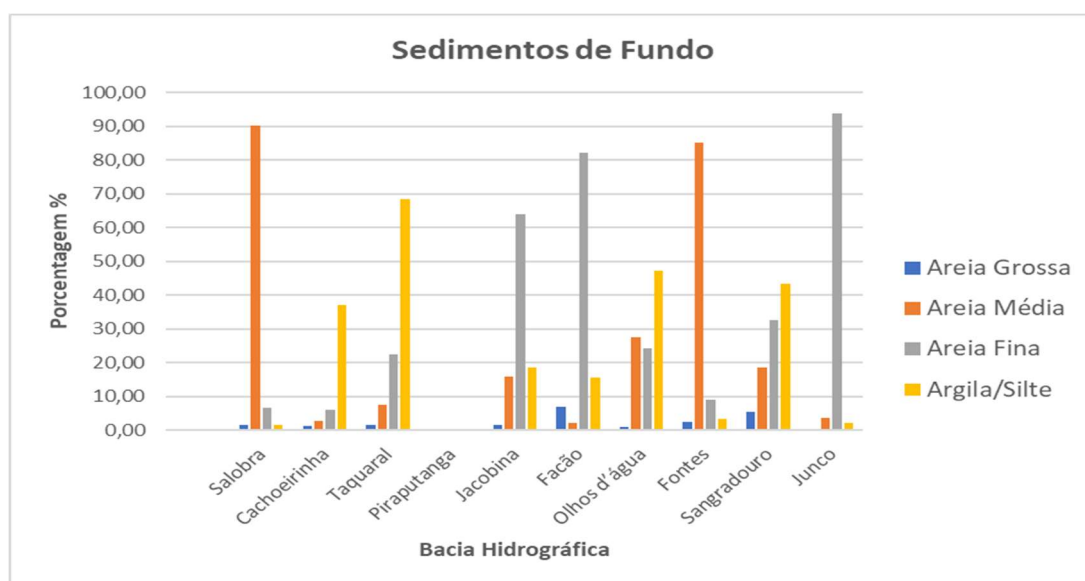


Figura 37: Sedimentos de fundo do complexo de sub-bacias da margem esquerda do rio Paraguai entre os municípios de Cáceres e Porto Estrela, MT.

Fonte: Santos (2013); Cruz (2013); Cruz (2015); Souza (2015); Bühler (2016); Santana (2017); Raymundi (2017); Martins e Andrade (2018); Farias (2019); Tavares (2020); Prudêncio (2022); Santos (2022); organizado por Raymundi.

Esse resultado demonstra a capacidade desses rios de transportar partículas granulométricas de areia fina e média.

De acordo com os estudos do Radambrasil (1982), a formação Raizama é constituída por camadas de arenitos grosseiros e conglomerados, com uma matriz de areia fina, média e grossa. A presença de areia, no sedimento de fundo, relaciona-se com os sedimentos da formação rochosa estruturada na Província Serrana.

A argila foi o sedimento de fundo encontrado em menor porcentagem, visto que em todas as coletas analisadas, esse sedimento apresentou resultados inferiores aos dos demais.

Outra partícula muito pequena encontrada na área da foz é o silte. Por ser um sedimento de granulometria muito fina, o silte é facilmente transportado. Segundo Suguio e Bigarella (1990), os sedimentos mais finos são mantidos na massa de água, enquanto a turbulência é capaz de mantê-los suspensos. Caso ocorra ausência de fluxo, esses sedimentos são depositados no fundo da calha. Foi possível verificar, nos dados coletados, que os maiores percentuais de silte estão associados ao baixo fluxo, enquanto os menores percentuais estão relacionados aos elevados fluxos hídricos.

As partículas grossas identificadas no canal são transportadas durante os períodos chuvosos; no período de estiagem, que são depositados na calha por meio de uma dinâmica natural. Souza (2004) ressalta que os sedimentos transportados e depositados nas calhas fluviais são removidos com facilidade, especialmente nos períodos chuvosos, acumulando em outros segmentos da planície e do canal. Essa dinâmica resulta em mudanças no sistema fluvial.

A entrada desses sedimentos na calha fluvial é potencializada pelo desmatamento e criação de animais. O solo exposto favorece o transporte de sedimentos, incluindo os materiais grossos, presentes no entorno do canal, por meio do escoamento superficial para o leito. A pecuária também contribui para a entrada de partículas sedimentares nos cursos hídricos, uma vez que as

margens dos córregos servem de acesso para os animais se deslocarem em busca de água para dessedentar.

É possível afirmar, então, que o sedimento em suspensão na rede de drenagem do complexo de sub-bacia tem recebido, ao longo dos anos, influências do uso e ocupação do solo. A substituição da vegetação, por cultivos de pastagens e pecuária bovina, constitui o principal uso do solo no complexo de sub-bacias, que ocupa uma área de 904,37 km². Além disso, é importante ressaltar que a construção de estradas, caminhos e vias de acesso não pavimentadas nas áreas rurais e urbanas contribui significativamente para a quantidade de sedimentos transportados nos cursos fluviais.

As pesquisas realizadas nas sub-bacias demonstram que, nas seções com uso mais intenso de pastagens e criação de gado, os valores de sedimentos suspensos foram maiores. As concentrações de sedimentos em suspensão apresentam variações entre as estações e o período de amostragem, portanto, na época chuvosa, a carga de sedimentos é significativamente maior do que no período de estiagem, evidenciando a grande influência da precipitação na quantidade de sedimentos.

A interação entre o rio Paraguai e seus afluentes promove a entrada e a remobilização dos sedimentos. Como consequência dessa conexão, formam-se feições morfológicas de deposição, como bancos de areia e erosão.

As bacias degradadas pelo uso e ocupação para pastagens favorecem a formação do escoamento superficial. O impacto das gotas diretamente na superfície contribui para o desprendimento das partículas do solo, acarretando o aumento da descarga de sedimentos. Essas modificações no sistema natural das bacias hidrográficas interferem no fluxo de vazão devido aos processos de acúmulo de sedimentos no curso hídrico. Os bancos de sedimentos depositados no canal provocam o retardamento ou desvio do fluxo de vazão (Souza *et al.* 2019).

As partículas erodidas do solo têm como principal destino os cursos fluviais. Em eventos de chuvas intensas, ocorrem o aumento da vazão, a concentração de sedimentos e a descarga sólida. Os resultados obtidos no estudo das seções analisadas, próximas à foz do complexo de sub-bacias, demonstram que a rede hídrica totaliza uma descarga sólida de 583,41 t/dia no período chuvoso. Na estação seca, o resultado foi de 90,35 t/dia. Para esse

valor, foi calculada uma média diária de 44,91 t/dia de descarga sólida. Com base nesse resultado, estima-se que o complexo de sub-bacias contribui com 16.394,82 t/ano de sedimentos no rio Paraguai e Pantanal. Tais resultados podem ser atribuídos à grande influência antrópica. Nesse contexto, é evidente que, além de diminuir a qualidade da água, a presença de sedimentos pode causar danos, devido ao assoreamento dos cursos d'água.

Torna-se necessária uma integração interdisciplinar no estudo dos impactos das ações antropogênicas, propondo a conservação e a preservação do uso do solo e dos recursos hídricos, objetivando minimizar os impactos negativos e garantir a sustentabilidade (Bento *et al*, 2019).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa buscou compreender o comportamento hidrossedimentológico atuante no conjunto de sub-bacias e sua conexão com o rio Paraguai, por meio de uma análise integrada das características morfométricas, da dinâmica fluvial, dos elementos naturais e do uso da terra.

Os aspectos morfométricos possibilitaram a definição da estrutura física do complexo, que reúne sub-bacias classificadas entre a 1ª a 4ª ordem. Essas sub-bacias apresentam formato alongado, com baixa propensão a enchentes e alta capacidade de escoamento superficial. Além disso, constatou-se uma baixa densidade de rios e média e baixa densidade de drenagem. Esse resultado relaciona-se com a alta capacidade de infiltração da água em terrenos de formação geológica constituída por rochas sedimentares, como calcário e arenito.

A análise hipsométrica indica que a amplitude altimétrica da área que envolve o complexo de sub-bacias não apresenta um padrão único, abrangendo os conjuntos de serras da Província Serrana, os terrenos da Depressão do Alto Paraguai, e áreas de Planície e Pantanaís. Nessas estruturas, foi possível identificar entre as sub-bacias, as maiores altitudes altimétricas entre as sub-bacias Salobra (762 m), Cachoeirinha (760 m) e Jacobina (573 m). Em contraste, os resultados mostraram baixa amplitude altimétrica nas sub-bacias Junco (55 m) e Olhos d'Água (51 m). O índice de relação do relevo refletiu a amplitude altimétrica e a maior extensão de cada sub-bacia.

O índice de rugosidade do relevo nas sub-bacias é relativamente baixo, indicando áreas com médias declividades e relevo colinoso. Os níveis de declividade observados no mapeamento do complexo de sub-bacias mostram a predominância do relevo suave-ondulado ocupando uma área de 875,43 km², seguido pelo relevo plano, com 726,79 km², e pelo ondulado 490,51 km².

A densidade de rios foi considerada baixa, indicando que na localidade não existem boas condições para a geração de novos cursos d'água. Os valores de densidade de drenagem do complexo são considerados baixos e médios. A análise do padrão de densidade pode ser compreendida pela relação que eles exercem com os condicionantes ambientais. Valores expressivos de densidade, juntamente com a estrutura da rocha e do solo, associadas à declividade, dificultam a permeabilidade da água. A baixa densidade ocorre em áreas com rochas de granulometria grossa, que apresentam maior porosidade e permeabilidade favoráveis à infiltração das águas.

Os processos de uso e ocupação retiraram a vegetação ciliar no entorno dos córregos, tanto para o desenvolvimento de atividades agropecuárias quanto para a expansão da urbanização. Essa situação resultou várias superfícies com solos expostos, favorecendo o escoamento superficial em direção aos cursos d'água.

Em direção a jusante, a composição granulométrica dos sedimentos transportados, tende a reduzir devido à diminuição da vazão. A análise da granulometria dos sedimentos de fundo indicou que, em todas as coletas, houve predomínio de areia média e fina. A entrada desses sedimentos na calha fluvial é potencializada pelo desmatamento e pela criação de animais. A concentração de sedimentos em suspensão foi maior nas seções com uso mais intenso de pastagens e criação de gado. Estima-se que o complexo de sub-bacias contribua com 16.394,82 toneladas por ano de sedimentos para o rio Paraguai e ao Pantanal.

Contudo, a dinâmica natural entre os tributários e o rio Paraguai, no baixo curso, exerce uma influência significativa na sedimentação dos ambientes nas Planícies e Pantanaís. A carga de sedimentos transportada da montante dos rios afluentes, associada ao efeito da contracorrente realizado pelo rio Paraguai, resulta na remobilização e deposição de sedimentos sob a forma de feições morfológicas, como diques marginaís e ilhas fluviaís.

O desenvolvimento da pesquisa apresentou um conjunto de dados relevantes utilizados nos estudos em sub-bacias hidrográficas. É importante considerar que a carga de sedimentos, potencializada pelo alto índice de desmatamento, influencia a deposição de partículas sedimentares, resultando em maior acúmulo de sedimentos na calha dos rios tributários e no rio Paraguai.

5. REFERÊNCIAS

ARAUJO, A. P. **Dinâmica fluvial e regime hidrológico na bacia hidrográfica do rio Paranapanema**. 2011. 197f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual Paulista. Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências e Tecnologias, Presidente Prudente SP, 2011. Disponível em: https://www2.fct.unesp.br/pos/geo/dis_teses/11/ms/alex.pdf. Acesso em: 28/09/2023.

BARBOSA, M. C. R.; SILVA, M. H. S.; DECCO, H. F. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Pombo, Três Lagoas (MS). 14° SINAGEO – Simpósio Nacional de Geomorfologia. Corumbá MS. 24 a 30 agos. p. 1-7 de 2023. Disponível em: <https://www.sinageo.org.br/2023/trabalhos/3/773-390.pdf>. Acesso em: 11/08/2024.

BAUCKE, A. S.; FERRARI, J. C.; MICHEL, G. P.; GOETTEN, W. J. Descarga sólida do rio Itajaí do Sul mediante aplicação do método simplificado de COLBY. **Revista gestão e sustentabilidade ambiental** Florianópolis, v. 9, n. 4, p. 297-315, out/dez. 2020. Disponível em: https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/6335/5516. Acesso em: 26 out. de 2023.

BENTO, N. L.; AMORIM, J. S.; BARROS, F. M.; SILVA, D. P. Descarga sólida em suspensão em uma bacia hidrográfica com a predominância de pastagem. **GAIA SCIENTIA** (2019). v. 13, n.3, p. 57-73 dez. 2019. Disponível em: [file:///C:/Users/veron/Downloads/denise-cruz-a05%20\(7\).pdf](file:///C:/Users/veron/Downloads/denise-cruz-a05%20(7).pdf). Acesso em: 23 de out.de 2023.

BIEGER, K.; HÖRMANN, G.; FOHRER, N. Simulação de vazão e sedimentos com a ferramenta de avaliação de solo e água em uma bacia hidrográfica com escassez de dados na região das três gargantas, China. **Journal of Environmental Quality**. v.23, n. 1, p. 37-45, Special section, published June jan. 2014. Disponível em: <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2134/jeq2011.0383>. Acesso em: 26 de out. de 2023.

BUHLER, 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**. 2016. 157f. Dissertação (Mestrado em Ciências

Ambientais) – Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Estado do Mato Grosso, Cáceres MT, 2016.

BÜHLER, B. F.; SANTOS, C.; SOUZA, C. A.; BELOTE, L. C. G.; TESTONI, M. C. Aporte de sedimentos do rio Paraguai entre a cidade de Cáceres, MT e o Barranco do Touro. **Revista Geonorte**, Edição Especial 4, v.10, n.1, p. 111 – 116, 2014
<https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1528/1411>. Acesso em: 28 de out. 2023.

BÜHLER, B. F.; SOUZA, C. A. Aspectos sedimentares do rio Paraguai no perímetro urbano de Cáceres – MT. **Geociências**. São Paulo SP v. 31, n. 3, p. 339-349. 2012. Disponível em:
<https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/7036/5041>. Acesso em: 23 de out. de 2023.

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

CARVALHO, N. O.; FILIZOLA, J.; SANTOS, P. M. C.; LIMA, J. E. F. W. **Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios**. Brasília, DF: ANEEL/SIH, 2000. Disponível em:
<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/monitoramento-e-eventos-criticos/monitoramento-hidrologico/orientacoes-manuais/entidades/guia-avaliacao-assoreamento-reservatorios-aneel-2000.pdf>. Acesso em: 23 de out. de 2023.

CASTRO, L. I. S. CAMPOS, S. ZIMBACK, C. R. L.; KAISER, I. M. Sistema de informação geográfica na formulação de indicadores ambientais para sustentabilidade dos recursos hídricos. **Irriga**, Botucatu, v. 19, n.4, p. 655-674, outubro-dezembro, 2014. Disponível em:
<https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/791/1082>. Acesso em: 26 de out. de 2023.

CONFESSOR, J. G.; SILVIA, L. L.; ARAUJO, P. M. S. Avaliação das perdas de água e solo em pastagem inserida em ambientes de cerrado brasileiro sob chuva simulada. **Soc. Nat.** Uberlândia, MG v.34 e 65618, p.1- 14, set. 2022. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/sn/a/F685tS6HwzsKD3hZsN4KckD/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 26 de out. de 2023.

COSTA, R. C. A. **Indicadores morfométricos: uma ferramenta no diagnóstico da vulnerabilidade ambiental**. 2014. 89f. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Universidade Estadual Paulista, UNESPE, Jaboticabal, 2015.

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

CRUZ, J. S. **Ordenamento territorial urbano e suas implicações nos canais de drenagem em Cáceres, Mato Grosso**. 2013. 114 p. Dissertação (Mestrado

em Ciências Ambientais) Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais universidade do Estado do Mato Grosso, Cáceres, MT 2013.

CRUZ, J. S. B. **Caracterização Ambiental ocupação e uso da terra e Dinâmica fluvial na Bacia hidrográfica do Córrego Facão no município de Cáceres**. 2015, 100f. Dissertação (Mestrados em Geografia), Faculdade de Ciências Humanas, Universidade do Estado do Mato Grosso, Cáceres, MT, 2015.

CUNHA, S. B. da. Geomorfologia Fluvial. *In*: GUERRA, A. J. T. CUNHA, S. B. da. (Orgs.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro, RJ: Editora Bertrand do Brasil, 2015. p. 211-252.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de Métodos de análises de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, p 212, 1997.

FARIAS, A. B. **Morfometria, aporte de sedimentos e fragilidades ambientais na Sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral, Cáceres -Mato Grosso**. 2019, 140f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Faculdade de Ciências Humanas, Universidade do Estado do Mato Grosso, Cáceres, MT 2019.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. **HIDROLOGIA**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1988. granulométrica dos sedimentos de fundo no rio Paraguai entre a foz do rio Cabaçal e a cidade de Cáceres, Mato Grosso, Brasil. **Rev. Ambiente. Água**. Cáceres. MT v. 7, n. 2, p. 263-276. 2012. Disponível em: https://agbbauru.org.br/publicacoes/revista/anoXXI_1/agb_xxi_1_versao_internet/Revista_AGB_JanDez2017-02.pdf. Acesso em: 23 de out. de 2023.

JOVINO, E. S.; ANGELINI, R. COSTA, C. W.; BRESSIANI, D. A.; CUNHA, K. P. V. Impactos do uso e cobertura do solo na produção de sedimentos em área de manancial peri- urbano tropical. **Soc. Nat.** Uberlândia, MG v.34 p.1-16, jun. 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/X3GCTg8RMckG55wbF7MtPTH/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 26 de out. 2023.

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** An Interdisciplinary Journal of Applied Science: v. 7, n.2, p. 263-273, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.876>. Acesso em: 28/09/ 2023.

LIMA, W. de P. FERRAZ, S. F. de B.; FERRAZ, K. M. P. M. Interações bióticas e abióticas na paisagem: uma perspectiva eco-hidrológica. *In*: CALIJURI, M. do C.; CUNHA, D. G. F. (Ed.) **Engenharia ambiental: conceitos, tecnologia e gestão**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

LIMA, T. E.; LIMA, C. S.; SOUZA, C. A. A importância das unidades geológicas para o abastecimento hídrico do pantanal de Cáceres, Mato Grosso, Brasil. **Revista Cerrados**, Montes Claros-MG, v. 20, n.01, p. 44-71, jan./jun. 2022.

Disponível em: <https://www.periodicos.unimontes.br/index.php/cerrados>
Acesso em: 12/08/2024.

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.

NOEL, G. B.; HOPKINS, K. G.; BENTHEM, A.; SEKELICK, A.; KEISMAM, J.; CASHMAN, J.; MOYER, D.; MALONEY, K.; LANGLAND, M.; HUPP, C.; SKALAK, K.; WEBBER, J.; BRAKEBILL, J.; ZHANG, Q.; GELIIS, A.; SHENK, G. Sediment dynamics and implications for management: State of the science from long-term research in the Chesapeake Bay watershed, USA. **Wires water**. v.7 e 1454, p.1-28, mar. 2020. Disponível em <https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/wat2.1454> Acesso em: 26 de out. 2023.

OLIVEIRA, E. D. Geometria hidráulica: algumas considerações teóricas e práticas. **Sociedade e Território**, Natal, v. 24, n1, p.166-184, jan./jun. 2012. Disponível em: [file:///C:/Users/veron/Downloads/silvestre,+hidraulico+p.166-184%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/veron/Downloads/silvestre,+hidraulico+p.166-184%20(1).pdf). Acesso em: 26 de out. 2013.

PAZ, O. L. S.; PAULA, E. V. Sedimentologia e reconstituição volumétrica de depósito de corridas de lama em planície aluvial: estudo na bacia do rio Jacareí, Paraná. **Soc. Nat.** Uberlândia, MG, v.34, e 64381, p. 1-20, jun. 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/8rmJ68vjwwHDnSyvj974HHb/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 26 de out. de 2023.

PRUDÊNCIO, V. S. **Alterações no canal dos Fontes: dinâmica fluvial e avaliação ambiental, Cáceres/MT**. 2022.140 f. 2022 Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-graduação UNEMAT – Universidade do Estado de Mato Grosso. Cáceres, MT 2022.

RADAMBRASIL. Ministério de Minas de Energia: Secretaria Geral. **Levantamentos dos Recursos Naturais**. Folha SD, 26, Cuiabá, Ministério de Minas de Energia: Secretaria Geral Rio de Janeiro, RJ, 1982.

RAYMUNDI, V. M. O. **Processo de Urbanização: do uso e ocupação na morfologia do canal do Junco Cáceres-MT**. 2017. 170f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade do Estado do Mato Grosso Cáceres, MT 2017.

SANTANA, M. F. **Alterações no canal urbano da bacia hidrográfica do Córrego Sangradouro de Cáceres, MT**. 2017. 149f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade do Estado do Mato Grosso Cáceres, MT 2017.

SANTOS, M. S. **Uso, ocupação da terra e dinâmica fluvial da bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha no município de Cáceres, Mato Grosso**. 2013. 148f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Estado de Mato Grosso, Cáceres/MT, 2013.

SANTOS, M. S. **As características morfoestruturais e o uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha, Mato Grosso**. 2022. 280 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) –Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Estado de Mato Grosso, Cáceres/MT, 2022.

SANTOS, V. S; ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R. Definição das Unidades de Relevo na Bacia Hidrográfica do Rio Jaguari-Oeste do RS. **Geografia, Ensino & Pesquisa**, v.21, n.2, p.197-204, set. 2017. Disponível em: [file:///C:/Users/veron/Downloads/01%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/veron/Downloads/01%20(1).pdf). Acesso em: 26 de out. 2023.

SARLAS, T. L. B.; MAIA, J. L.; BARBOSA, A. A.; MAUAD, F. F. Avaliação da descarga sólida em suspensão nos cursos d'água da bacia hidrográfica do Alto Sapucaí. **OLAM- Ciência & Tecnologia**- Rio Claro/SP, v. 8, n. 3, p. 368-385, jul-dez 2008. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/olam/article/view/2028/2015>. Acesso em: 26 de out. 2026.

SOUZA, C. A.; SILVIA, Q. D. Médio curso da bacia hidrográfica do rio Itapecuru, Maranhão: características geológicas, geomorfológicas, pedológicas e densidade de drenagem. **Ciência Geográfica**- Bauru, vol. XXVI- n.1, p.51-71 jan /dez 2022. Disponível em: https://www.agbbauru.org.br/publicacoes/revista/anoXXVI_1/agb_xxvi_1_web/agb_xxvi_1-03.pdf. Acesso em: 23 de out. 2023.

SOUZA, I. C. **Bacia Hidrográfica do Córrego Salobra: Caracterização Ambiental, Uso e Ocupação da Terra e Dinâmica Fluvial no Município de Porto Estrela Mato Grosso**. 2015. 177f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) Universidade do Estado do Mato Grosso, Cáceres MT, 2015.

SOUZA, C. A. **Dinâmica do corredor fluvial do rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã-MT**. 2004. 198 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

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, 2014.

SOUZA, C. A.; LEANDRO, G. R. S.; SOUSA, J. B.; CUNHA, S. B.; GAECIA, P. H. M. Aporte de sedimentos dos afluentes da margem direita do rio Paraguai, Pantanal Superior – Mato Grosso – Brasil. **Ciência Geográfica**. Bauru. v. XXI, n.1, p. 18-31, jan./dez 2017. Disponível em:

https://agbbauru.org.br/publicacoes/revista/anoXXI_1/agb_xxi_1_versao_internet/Revista_AGB_JanDez2017-02.pdf. Acesso em: 28/09/2023.

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. v. XXIII, n.2, p.773-783: janeiro /dezembro, 2019. Disponível em: https://agbbauru.org.br/publicacoes/revista/anoXXIII_2/agb_xxiii_2_web/agb_xxiii_2-32.pdf. Acesso em: 23 de out. 2023.

SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. 1. ed., São Paulo, SP: Edgard Blücher, 1973.

SUGUIO, K.; BIGARELLA, J. J. **Ambientes fluviais**. Florianópolis: Editora da UFSC/PR. 1990.

TAVARES, C. **Bacia do Córrego Piraputanga, Cáceres-Mato Grosso: Qualidade da água, aspectos físicos do solo e a capacidade de uso da terra**. 2020. 152f. Dissertação (mestrado em Geografia), Faculdade de Ciências Humanas. Universidade do Estado do Mato Grosso, Cáceres MT, 2020.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA; D. COSTA, D. J. L. FULLER, B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **REVISTA UNIARA**, v.11, n.1, jun. p. 136-156, 2007. Disponível em: <file:///C:/Users/veron/Downloads/236-Texto%20do%20Artigo-802-1-10-20151006.pdf>. Acesso em: 26 de out. de 2023.

CAPÍTULO 4

FRAGILIDADE AMBIENTAL DO COMPLEXO DE SUB-BACIAS, DA MARGEM ESQUERDA DO RIO PARAGUAI NO ALTO PARAGUAI, MATO GROSSO

RESUMO

O presente estudo teve como o objetivo identificar a fragilidade ambiental das sub-bacias hidrográficas Salobra, Cachoeirinha, Taquaral, Olhos d'Água, Fontes, Sangradouro, Junco, Facão, Jacobina, contribuintes da margem esquerda do rio Paraguai, localizadas nos municípios de Cáceres e Porto Estrela, no estado de Mato Grosso, com vistas à conservação ambiental. A metodologia adotada envolveu pesquisa bibliográfica em livros, artigos científicos, dissertações, teses, trabalho de campo, e a obtenção de dados geoambientais por meio do mapeamento da declividade, utilizando a Carta Geomorfométrica MDE (Modelo de Elevação Digital) Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (TOPODATA –INPE). Foram considerados os solos pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solo, o clima pela Secretaria Estadual de Planejamento (SEPLAG), a precipitação *hidroweb* da Agência Nacional das Águas (ANA) e o uso e cobertura a partir do MAPBIOMAS (2019). Os mapas foram elaborados no software ArcGis® 10.6. Com base na sobreposição dos mapas, foi possível detectar a fragilidade ambiental, tanto em condições naturais (fragilidade potencial), quanto em ambientes antropizados (fragilidade emergente). Os resultados revelaram que 875,37 km² do complexo apresentam fragilidade da declividade fraca (3-8%), característica das Planícies e Depressões do Alto Paraguai, enquanto a forte declividade abrange 459,60 km² da Província Serrana. A fragilidade climática é elevada na região de clima Tropical de Altitude Mesotérmico Quente da Fachada Meridional das Chapadas e Planaltos com precipitação anual entre 1.400 e 1.600 mm. Os solos com fragilidade muito fraca ocupam 349,4 km²: Latossolo Vermelho, Vertissolo Hidromórfico, Plintossolo Argilúvico, Gleissolo Háplico, Neossolo Flúvico. Solos com fragilidade fraca, como o Latossolo Vermelho-Amarelo, totalizam 443,29 km². Em nível médio, estão o Argissolo Vermelho-Amarelo e Argissolos Vermelho, que ocupam 504,86 km². A fragilidade forte inclui Cambissolo Háplico, Neossolo Regolítico, enquanto a fragilidade muito forte é associada aos Neossolos Líticos e Quartizarênicos, que abrangem, respectivamente, 396,35 km² e 955,71 km². Em relação ao uso e cobertura do solo, as áreas de floresta e formações savânicas e campestres, que somam 755,25 km², são classificadas com fragilidade muito fraca, enquanto 893,28 km² apresentam fragilidade fraca. As áreas de pastagem, que abrangem 804,84 km², são classificadas com fragilidade média. A fragilidade forte está associada à agricultura de soja e a outros ciclos temporários, cobrindo 158,61 km², enquanto as áreas desmatadas com solo exposto, correspondendo a 32,48 km² apresentam fragilidade muito forte. No que se refere à fragilidade potencial, predominou nível médio com 1004,58 km², cobrindo 1.004,58 km² nas Depressões do Alto Paraguai. Na fragilidade emergente, há predominância de nível médio, abrangendo 1.430,07 km² do complexo. Os locais com menor fragilidade estão localizados nas áreas

planas das planícies, nas elevações da Província Serrana, que demandam manejo adequado para evitar danos socioambientais.

Palavras-chave: Fragilidade ambiental, processos erosivos, planejamento ambiental.

CHAPTER 4

ENVIRONMENTAL FRAGILITY OF THE SUB-BASIN COMPLEX, ON THE LEFT BANK OF THE PARAGUAI RIVER IN THE UPPER PARAGUAI, MATO GROSSO

ABSTRACT

The present study aimed to identify the environmental fragility of the Salobra, Cachoeirinha, Taquaral, Olhos d'Água, Fontes, Sangradouro, Junco, Facão, Jacobina sub-basins, contributors to the left bank of the Paraguay River, located in the municipalities of Cáceres and Porto Estrela, in the state of Mato Grosso, with a view to environmental conservation. The methodology adopted involved bibliographical research in books, scientific articles, dissertations, theses, field work, and obtaining geoenvironmental data through slope mapping, using the MDE Geomorphometric Chart (Digital Elevation Model) Brazilian Geomorphometric Database (TOPODATA –INPE). Soils were considered by the Brazilian Soil Classification System, climate by the State Planning Secretariat (SEPLAG), hydroweb precipitation by the National Water Agency (ANA) and use and coverage by MAPBIOMAS (2019). The maps were created using ArcGis® 10.6 software. Based on the overlay of maps, it was possible to detect environmental fragility, both in natural conditions (potential fragility) and in anthropic environments (emerging fragility). The results revealed that 875.37 km² of the complex show fragility due to the weak slope (3-8%), characteristic of the Plains and Depressions of Upper Paraguay, while the strong slope covers 459.60 km² of the Serrana Province. Climatic fragility is high in the Hot Mesothermal Tropical Climate region of the Southern Facade of Chapadas and Plateaus with annual precipitation between 1,400 and 1,600 mm. Soils with very weak fragility occupy 349.4 km²: Red Latosol, Hydromorphic Vertisol, Argilúvica Plintisol, Haplic Gleisol, Fluvic Neosol. Soils with weak fragility, such as the Red-Yellow Oxisol, total 443.29 km². At medium level, there are the Red-Yellow Argisol and Red Argisols, which occupy 504.86 km². Strong fragility includes Haplic Cambisol and Regolithic Neosol, while very strong fragility is associated with Litholic and Quartizaric Neosols, which cover, respectively, 396.35 km² and 955.71 km². In relation to land use and coverage, the areas of forest and savanna and grassland formations, which total 755.25 km², are classified as very weakly fragile, while 893.28 km² are weakly fragile. The pasture areas, which cover 804.84 km², are classified as medium fragility. Strong fragility is associated with soybean agriculture and other temporary cycles, covering 158.61 km², while deforested areas with exposed soil, corresponding to 32.48 km², present very strong fragility.

Regarding potential fragility, the medium level predominated with 1004.58 km², covering 1,004.58 km² in the Depressions of Upper Paraguay. In the emerging fragility, there is a predominance of medium level, covering 1,430.07 km² of the complex. The sites with the least fragility are located in the flat areas of the plains, in the elevations of the Serrana Province, which require adequate management to avoid socio-environmental damage.

Keywords: Environmental fragility, erosion processes, environmental planning

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos séculos, a humanidade passou por transformações em decorrência do processo de desenvolvimento, culminando em uma crescente intervenção nos recursos naturais (Ross, 1994). A interação entre os elementos socioambientais, como clima, solo, relevo, vegetação e a ação humana, determina uma dinâmica que resulta em diferentes níveis de degradação dependendo da presença ou ausência de cobertura vegetal (Moraes *et al.*, 2010). Diante dessas condições, Ross (1994, p. 63) menciona que “A fragilidade dos ambientes naturais face às intervenções humanas são maiores ou menores em função de suas características genéticas”.

Um dos precursores do conceito de fragilidade ambiental é Tricart (1977), ao propor estudos sobre a ecodinâmica. Seu princípio é pautado no meio natural e suas trocas de energia, sendo o homem um dos agentes desse processo. O equilíbrio representa a “estabilidade”, enquanto o desequilíbrio corresponde à “instabilidade”. Vale ressaltar que, quando o equilíbrio é considerado “estável”, o ambiente está preservado da ação humana e mantém-se em estado natural; no entanto, o desequilíbrio é considerado “instável”, quando houve a intervenção e a modificação no ambiente. Esse conceito foi aprimorado por Ross (1994), que denominou “fragilidade potencial” as unidades estáveis e “fragilidade emergente” para as unidades instáveis (Alves *et al.*, 2017). Dessa forma, o cruzamento das informações do solo, declividade e recursos hídricos resulta na elaboração do mapa de Fragilidade Potencial.

Esse mapa, obtido a partir do cruzamento das informações de uso da terra e vegetação reproduz o mapa de Fragilidade Emergencial (Donha *et al.*, 2006). A análise da fragilidade emergente desenvolvida por Ross (1994) pontua as ações humanas que possam comprometer o equilíbrio da dinâmica natural do sistema, promovendo níveis de fragilidade que tendem a se agravar ao longo dos anos.

A fragilidade ambiental é de grande relevância no estudo do espaço geográfico, pois permite interpretar as relações entre sociedade e natureza. Nesse sentido, Guimenes e Filho (2013) afirmam que o método de pesquisa orientado pela fragilidade ambiental apresenta grande potencial para ser usado em estudos de impactos ambientais. Essa análise é realizada por meio do

zoneamento do território em níveis específicos de hierarquia, que representam diferentes graus de fragilidade. O estudo permite identificar quais são as áreas mais frágeis, ou seja, aquelas que podem ser mais impactadas por alterações da dinâmica natural existente (Ross, 2012).

O homem vem desenvolvendo, através dos séculos, práticas que facilitam seu dia a dia, que consigam dar conta de abrigar a população sempre crescente e, da mesma forma, alimentá-la. As técnicas de produzir mais em menos tempo, contudo, não foram pensadas para a preservação dos recursos naturais, que pareciam infinitos. Ao mesmo tempo, quando a natureza começou a dar mostras de esgotamento, foi necessário pensar em tecnologias capazes de auxiliar pesquisadores na condução de importantes estudos. Dentre elas, pode-se citar o Sistema de Informação Geográfica (SIG), que tem sido amplamente explorado como mecanismo para o planejamento ambiental devido à possibilidade de oferecer uma avaliação integrada de muitas variáveis.

Nesse sentido, o SIG se constitui como uma ferramenta importante ao estudo da fragilidade, pois oferece informações relevantes, destacadas por Spörl (2007, p. 30):

Estes modelos aplicados ao estudo da fragilidade para fins de ordenamento territorial através da inter-relação entre variáveis (relevo, solo, rocha, clima, e uso da terra resultam num mapeamento síntese em que a área de estudo é classificada segundo uma escala de fragilidade. Esses modelos foram desenvolvidos para subsidiar o planejamento com pressupostos para o desenvolvimento econômico e para a conservação do ambiente visando promover o uso dos recursos naturais da melhor forma possível (Spörl, 2007 p.30).

De acordo com Donha *et al.* (2006), o estudo da fragilidade deve ser realizado de forma integrada, considerando as ações humanas, que podem interferir na estabilidade e no equilíbrio dos processos naturais, resultando em instabilidade. A maior ou menor propensão à fragilidade relaciona-se à característica de cada ambiente, bem como ao uso atual do solo. Assim, as variáveis analisadas podem informar o nível de fragilidade do ambiente estudado em relação à erosão, enchentes, inundação (Spörl, 2007). Valle *et al.* (2016) acrescentam que o resultado do mapeamento da fragilidade ambiental permite definir as áreas mais frágeis que merecem maior atenção em relação ao uso.

Diversos estudos são realizados na atualidade com a finalidade de identificar a fragilidade ambiental de uma área, como os produzidos por Lira *et al.* (2022), na bacia hidrográfica do Arroio Marreco, Toledo, Paraná. Nesse estudo, os autores destacaram que avaliação da fragilidade ambiental é útil ao planejamento adequado das atividades antrópicas, a fim de evitar processos de degradação ambiental.

Abrão e Bacani (2018) propuseram um zoneamento ambiental na bacia hidrográfica do rio Santo Antônio a partir da identificação dos níveis de fragilidade dessa localidade. Barros *et al.* (2017) avaliaram diferentes graus de fragilidade ambiental da bacia do córrego Guanandy, no município de Aquidauana, MS, ressaltando que essas informações são importantes para a tomada de decisões voltadas ao planejamento ambiental. No município de Cáceres, Farias (2019) destacou a fragilidade ambiental da bacia do Taquaral, enquanto Santos (2021), visando à conservação ambiental, estudou a fragilidade ambiental da bacia do Cachoeirinha. A compreensão do ambiente, respaldada em elementos fundamentados, direciona práticas adequadas de intervenção nos diversos sistemas naturais, dentre os quais vale identificar as sub-bacias hidrográficas da margem esquerda do rio Paraguai no Alto Paraguai.

As sub-bacias hidrográficas Salobra, Cachoeirinha, Taquaral, Olhos d'Água, Fontes, Sangradouro, Junco, Facão, Jacobina representam uma região de importância ambiental e social. Nesses espaços, desenvolvem-se atividades essenciais para o sustento de famílias e ao desenvolvimento de práticas econômicas. Os rios que se formam nesse complexo, além de constituírem importantes fontes de água, são contribuintes do rio Paraguai, sendo, portanto, fundamentais à dinâmica que envolve a bacia do rio Paraguai e o bioma Pantanal.

Desse modo, o objetivo deste estudo foi identificar a fragilidade ambiental das sub-bacias hidrográficas Salobra, Cachoeirinha, Taquaral, Olhos d'Água, Fontes, Sangradouro, Junco, Facão, Jacobina, que são contribuintes da margem esquerda do rio Paraguai, nos municípios de Cáceres e Porto Estrela, no estado de Mato Grosso, com a finalidade da conservação ambiental.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

As sub-bacias hidrográficas Salobra, Cachoeirinha, Taquaral, Piraputangas, Olhos d'Água, Fontes, Sangradouro, Junco, Facão e Jacobina compõem uma rede hidrográfica de afluentes da margem esquerda do rio Paraguai no Alto Paraguai. O conjunto dessas sub-bacias abrange uma área de 2.652,92 km², localizada entre as coordenadas 15°20'00" a 16°30'00" latitude Sul 57°00'00" a 57°50'00" longitude Oeste (Figura 38).

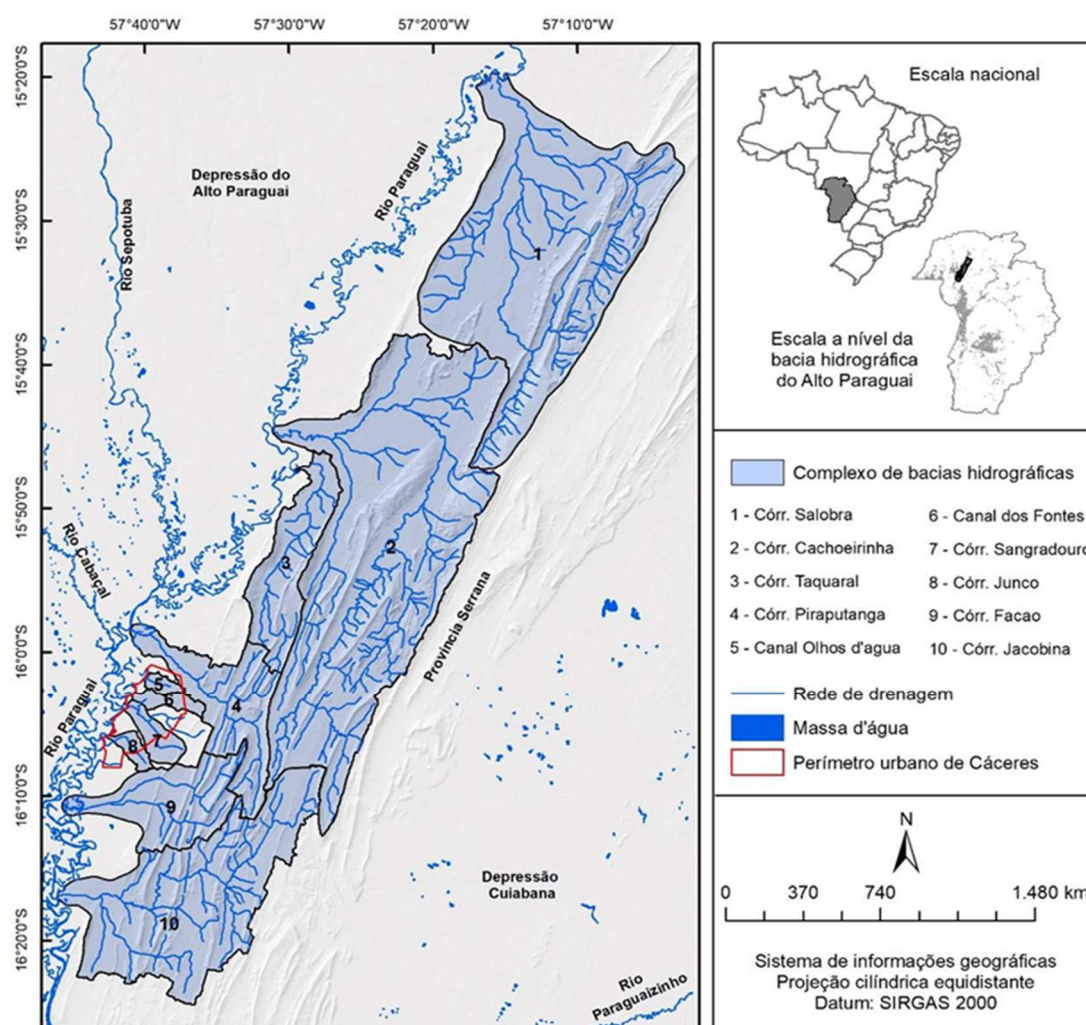


Figura 38: Mapa de localização da área de estudo. **Fonte:** Raymundi (2023).

Nessa área, o complexo de sub-bacias encontra-se distribuído especificamente nas coordenadas geográficas detalhadas no Quadro 13

Quadro 13: Localização das sub-bacias contribuintes do rio Paraguai.

Sub-bacia	Coordenada Geográfica	
	Latitude	Longitude
Salobra	15° 20' 00" / 15° 50' 00"	57° 02' 00" / 57° 20' 00"
Cachoeirinha	15° 35' 37" / 16° 12' 30"	57° 14' 36" / 57° 32' 24"
Taquaral	15° 58'40.4" / 16° 03' 47.6"	57°30'28.1" / 57°41'13.8"
Piraputanga	15°58'00" / 16°12'00"	57°32'00" / 57°40'00"
Facão	16°08'48,09" / 16°10'30,38"	57°34'13,02" / 57°44'27,27"
Jacobina	16°11'51,6" / 16°17'04,4"	57°31'23,7" / 57°46'20,1"
Olhos d'Água	16° 06' 27" / 16°04'01"	57°39'24" / 57°39'13"
Fontes	16°04'25" / 16°03'20"	57°39'52" / 57°41'01"
Sangradouro	16°02'00" / 16°08'00"	57°36'00" / 57°42'00"
Junco	16°07'41" / 16°05'55"	57°40'14" / 57°42'46"

Fonte: Raymundi (2023).

A maioria das sub-bacias localiza-se no município de Cáceres, estado do Mato Grosso, com exceção da bacia Salobra, que está no município de Porto Estrela, também em Mato Grosso. As sub-bacias Olhos d'Água, Fontes, Sangradouro e Junco estão situadas em ambientes urbanos, enquanto as demais predominam em espaços rurais.

A paisagem natural que integra a área do complexo de sub-bacias é formada pela Província Serrana, pela Depressão do Alto Paraguai e pelas Planícies e Pantanaís mato-grossenses. Os rios nascem nas serras da Província Serrana e percorrem a Depressão do Alto Paraguai até desaguardem no rio Paraguai, nas Planícies e Pantanaís.

2.2 Procedimentos metodológicos

Para a efetivação desta pesquisa, foram desenvolvidas três etapas, sendo a primeira caracterizada pelo trabalho de gabinete; a segunda, pela elaboração da base cartográfica e a terceira, pelas atividades de campo.

2.2.1 Trabalho de gabinete

O desenvolvimento da pesquisa iniciou com uma revisão do material bibliográfico, incluindo revistas científicas, anais de eventos, livros, teses, dissertações e monografias. Durante essa etapa, também foram realizadas leituras de mapas produzidos a partir das tecnologias de geoprocessamento e sensoriamento remoto da área de estudo. Os conceitos teóricos pesquisados possibilitaram a compreensão dos temas investigados ao longo do estudo.

2.2.2 Elaboração da base cartográfica

À segunda etapa, foi elaborada a base cartográfica por meio do geoprocessamento, técnica relacionada ao uso de tecnologias para a entrada, armazenamento, tratamento e processamento de dados.

Dessa forma, a base de dados foi efetivada pela obtenção de dados secundários vetoriais por meio das instituições TOPODATA-INPE (MDE: Modelo de Elevação Digital), Embrapa (SiBCS), ANA e MAPBIOMAS. Essas informações permitiram o levantamento e a análise da declividade, dos solos, da precipitação, do uso e da cobertura do solo. As informações obtidas pelo sensoriamento remoto foram processadas no software ArcGis® 10.6., possibilitando o levantamento de informações que, posteriormente, foram correlacionadas com as atividades de campo e de gabinete.

A produção cartográfica da fragilidade ambiental potencial e emergente foi realizada de acordo com a publicação de Ross (1994). No que se refere à fragilidade potencial, as variáveis estabelecidas incluem a declividade média, medida em porcentagem, conforme Embrapa (2006), a erosividade das chuvas, segundo Carvalho (2008), e as classes de erodibilidade consoante a fragilidade do solo apresentada por Ross (1994).

Os resultados forneceram a fragilidade ambiental emergente por meio da adição da variável uso e cobertura do solo, conforme descrito, também, por Ross (1994). Após a construção da base de dados, os índices foram obtidos utilizando o sistema de informações geográficas ArcGis 10.8. Dessa forma, os procedimentos seguiram a seguinte ordem:

$$fp = \sum \frac{DM + eros + erod}{3}$$

$$fe = \sum \frac{fp + uso}{2}$$

Os polígonos representantes de cada classe foram convertidos em dados raster por meio da função (*polygon to raster*). Posteriormente, foram acessadas as funções Arctoolbox -> Spatial Analyst Tools -> Map álgebra - > Raster calculator. Os passos mencionados somaram cada dado raster em sobreposição, calculando os valores de fragilidade de cada variável, com posterior divisão do valor total pela quantidade de variáveis.

Onde:

fp: Fragilidade potencial; eros: Erosividade das chuvas;

DM: Declividade média; erd: Erodibilidade do Solo;

fe: Fragilidade emergente; uso: Uso e cobertura.

O mapa de fragilidade potencial foi elaborado por meio do cruzamento das informações relativas às classes de fragilidade do mapa de Declividade Média (DM), Erosividade das Chuvas (R) e Erodibilidade dos Solos (K) presentes nas sub-bacias. O mapa de fragilidade emergente foi criado a partir da relação entre as informações resultantes da fragilidade potencial e as classes de fragilidade da cobertura vegetal da área de estudo, representadas pelo Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). Após a identificação dos pesos, realizou-se a soma algébrica desses atributos por meio do SIG *ArcGis*, utilizando a técnica conhecida como álgebra de mapas.

2.2.3 Fragilidade ambiental

Para a análise da fragilidade ambiental dos ambientes naturais e antropizados, foi utilizada a metodologia proposta por Ross em 1994. Assim, foram estabelecidos os estudos básicos do relevo, solo, pluviosidade, uso cobertura da terra, além da atribuição de pesos para avaliar cada uma das variáveis. As informações foram agrupadas hierarquicamente em cinco classes de fragilidade, sendo que os índices de dissecação do relevo variam entre fraca (1) a muito forte (5); os solos variam, à fragilidade, entre muito baixa (1) a muito forte (5); a cobertura vegetal é classificada em graus de proteção, variando de muito alto (1) a muito baixo/nulo (5); e a pluviosidade entre categorias muito fraca (1) a muito forte (5). A fragilidade é representada pela combinação dos conjuntos arábicos (Ross, 1994).

A metodologia proposta por Ross (1994) estabelece cinco classes para cada uma dessas variáveis, considerando o grau de vulnerabilidade de cada uma. Assim, os valores próximos a 1,0 indicam um grau de fragilidade mais baixo; os valores intermediários são representados por aqueles próximos a 3,0 e os de fragilidade muito alta serão indicados pelo algarismo 5,0, conforme apresentado adiante.

Essas variáveis, tratadas de forma integrada, possibilitam obter um diagnóstico das diferentes categorias hierárquicas da fragilidade dos ambientes naturais. Nesse sentido, as variáveis foram analisadas de acordo as descrições a seguir.

2.2.4 Declividade Média (DM)

A declividade refere-se à inclinação do relevo e é de fundamental importância para os estudos relacionados a esse aspecto, pois possui relação direta com o processo de transformação da energia potencial em energia cinética. Portanto, quanto maior for a declividade do relevo, mais rapidamente ocorrerá essa transformação. A declividade, juntamente com os aspectos referentes às tipologias de solo e cobertura vegetal, influenciará a intensidade da velocidade do escoamento, infiltração, a umidade do solo e o armazenamento da água no subsolo (Crepani *et al.*, 2001).

Em relação às sub-bacias hidrográficas, as classes de declividade contribuem para identificação dos processos erosivos, bem como dos riscos que afetam a bacia como: deslizamentos, inundações e alagamentos. Quanto maior a inclinação do relevo, maior será a velocidade do escoamento, resultando em menor infiltração da água e em maiores perspectivas de picos de enchentes (Padilha, 2008).

Portanto, a declividade é um parâmetro importante, uma vez que, por meio dela, é possível analisar as áreas da bacia hidrográfica com maior vulnerabilidade ambiental (Tabela 05).

Tabela 5: Intervalos de Declividade Média (DM) com respectivas denominações das classes e notas a serem empregadas na pesquisa.

Intervalos de DM (%)	Classes	Notas
----------------------	---------	-------

0 a 3	Plano	1
3 a 8	Suave ondulado	2
8 a 20	Ondulado	3
20 a 45	Forte Ondulado	4
45 a 75	Montanhoso	5

Fonte: EMBRAPA (2009).

Desse modo, têm-se as seguintes classes de relevo de acordo com a EMBRAPA (2009):

(a) *Plano*, com topografia horizontal, com desnivelamentos muito pequenos e declividades variáveis de 0 a 3%;

(b) *Suave ondulado*, com a superfície de topografia pouco movimentada, com elevações de 50 a 100 m e declives suaves de 3 a 8%;

(c) *Ondulado*, constituído de superfícies topográficas pouco movimentadas, apresentando declives moderados de 8 a 20%;

(d) *Forte ondulado*, com superfícies de topografia movimentadas, variando de 50 a 100 m e 100 a 200 m, com declives fortes de 20 a 45%;

(e) *Montanhoso*, topografia com predomínio formas acidentadas, constituídas por desnivelamentos grandes, declives fortes ou muito fortes de 45 a 75%;

(f) *Escarpado*, com predominância de formas abruptas, de superfícies muito íngremes, geralmente ultrapassando 75%.

2.2.5 Comportamento pluviométrico

Os dados obtidos a partir do levantamento de informações climáticas também são importantes para a análise da fragilidade ambiental, sobretudo com relação à precipitação, uma vez que essa variável interfere na dinâmica ambiental. Essa interferência exerce significativa influência nas características do relevo, na erosão e no comportamento dos corpos hídricos.

Os processos erosivos do solo, por serem mecânicos, requerem uma quantidade significativa de energia, fornecida pelas gotículas de chuva (Wischmeier; Smith, 1958). Dessa forma, esse parâmetro depende dos aspectos do solo, do declive do relevo e das características da chuva (Lombardi Neto; Moldenhau, 1992).

Assim, foram utilizados na pesquisa fundamentos característicos da pluviosidade e seus níveis de fragilidade (Quadro 14).

Quadro 14 – Níveis de hierarquia do comportamento pluviométrico.

Grau de fragilidade	Níveis hierárquicos	Características pluviométricas
1	Muito Baixa	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 1.000 mm/ano.
2	Baixa	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 2.000 mm/ano.
3	Média	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com períodos secos entre 2 e 3 meses no inverno e, no verão, com maiores intensidades de dezembro a março.
4	Forte	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com período seco entre 3 e 6 meses, alta concentração das chuvas no verão, entre novembro e abril, quando ocorrem de 70 a 80% do total das chuvas.
5	Muito Forte	Situação pluviométrica com distribuição regular ou não, ao longo do ano, com grandes volumes anuais ultrapassando 2.500 mm/ano; ou ainda, comportamentos pluviométricos irregulares ao longo do ano, com episódios de alta intensidade e volumes anuais baixos, geralmente abaixo de 900 mm/ano (semiárido).

Fonte: Ross (1994).

2.2.6 Fragilidade ambiental dos solos.

O fator erodibilidade estabelece a resistência dos solos da área aos processos de erosão, sendo que essa resistência é uma característica intrínseca dos materiais que compõem o solo, como textura, o teor de matéria orgânica, entre outros (Araújo, 2000).

O processo de erosão dos solos ocorre de maneira integrada, influenciado por diversos fatores. As condições físicas e químicas dos solos indicam seu grau de resistência aos processos de erosão, sejam eles provocados pela ação das águas, pela topografia seja pela cobertura vegetal. Assim, pode-se afirmar que a erodibilidade do solo é resultado das interações intrínsecas entre as composições granulométricas e mineralógicas, as características físicas e químicas e as formas de manejo desse solo (Crepani *et al.*, 2001).

Segundo Ross (1994), a variável relaciona-se à suscetibilidade do solo aos processos de erosão, considerando as seguintes propriedades: textura,

estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas e profundidade/ espessura dos horizontes superficiais e subsuperficiais. Essas propriedades estão diretamente relacionadas ao relevo, à litologia e ao clima, que são elementos responsáveis pela formação dos solos e pela definição de suas características físicas e químicas, o que justifica a importância desse índice para estabelecer a fragilidade ambiental e o agrupamento em classes conforme apresentado no Quadro 15.

Quadro 15: Fragilidade das classes de solos.

Classes de erodibilidade dos solos	Tipos de solos	Nota
Muito baixa	Latossolo vermelho e vermelho amarelo textura argilosa	1
Baixa	Latossolo Amarelo e Vermelho Amarelo textura média/argilosa	2
Média	Latosso Vermelho amarelo, Terra roxa, Terra Bruna, Podzólico Vermelho-amarelo	3
Forte	Podzólico Vermelho-amarelo textura média/arenosa, Cambissolos	4
Muito forte	Podzolizados com cascalho, Litólicos e Areias Quartzosas	5

Fonte: Ross (1994).

2.2.7 Grau de proteção do solo, de acordo com o tipo de uso e cobertura vegetal

Por meio da variável uso e ocupação, é possível identificar a presença de vegetação verde na superfície e caracterizar sua distribuição espacial, como também apontar as características de sua evolução no decorrer do tempo. Essas informações são importantes para identificar os fenômenos aos quais a área de estudos está sujeita, principalmente os relacionados aos processos de degradação (Marinho *et al.* 2011). Com isso, podem ser associadas diretamente às classes de uso da terra e cobertura bem como aos respectivos graus de fragilidade, conforme Ross (1994), (Quadro 16).

Quadro 16: Classes de fragilidade e proteção, notas e tipologias de uso da terra e cobertura vegetais empregadas na pesquisa.

Classes de Fragilidade	Classes de proteção	Notas	Tipologias de uso da terra e cobertura vegetal
Muito baixa	Muito forte	5	Florestas; Matas naturais; Florestas cultivadas com biodiversidade.
Baixa	Forte	4	Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso; formações arbustivas densas (mata secundárias, cerrado denso, capoeira densa); Mata homogênea de pinus densa; Pastagens cultivadas com baixo pisoteio de gado; cultivo de ciclo longo com a caca.
Média	Média	3	Cultivo de ciclo longo em curvas de nível/terraceamento como café; Laranja com forrageiras entre ruas; Pastagens com baixo pisoteio; Silvicultura de eucaliptos com sub-bosque de nativas.
Forte	Baixa	2	Culturas de ciclo longo de baixa densidade (café, pimenta do reino, laranja com solo exposto entre ruas); Culturas de ciclo curto (arroz, trigo, feijão, soja, milho, algodão com cultivo em curvas de nível/terraceamento).
Muito forte	Muito baixa	1	Áreas desmatadas e queimadas recentemente; solo exposto por arado/gradeação; solo exposto ao longo de caminhos e estradas; Terraplenagem; Culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas.

Fonte: Ross (1994).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Fragilidade ambiental

3.1.1 Fragilidade ambiental de acordo com a declividade

As unidades de relevo presentes na área do complexo de sub-bacias são representadas pela Província Serrana, Depressão do Alto Paraguai e Planícies e Pantanaís mato-grossenses. Essas formas de relevo influenciam a declividade, proporcionando ao ambiente diferentes níveis de fragilidade.

Analisando-se os resultados obtidos, constatou-se a predominância nas sub-bacias das classes de declividade com intervalos entre 0 a 3% e 3 a 8% (Quadro 17; Figura 39). Essas classes resultam em níveis de fragilidade muito fraca, abrangendo uma área de 726,53 km², e fraca, em 875,37 km².

Quadro 17: Fragilidade ambiental de acordo com a declividade no complexo de sub-bacias.

Complexo de sub-bacias				
Fragilidade	Nota	Intervalo de DM	Descrição do relevo	Área (km²)
Muito fraca	1	0 – 3	Plano	726,53
Fraca	2	3 – 8	Suave Ondulado	875,37
Média	3	8 – 20	Ondulado	490,51
Forte	4	20 – 45	Forte Ondulado	459,60
Muito Forte	5	45 – 75	Escarpado	95,8

Fonte: Elaborado com base em Ross (1994). Organizado pela autora (2023).

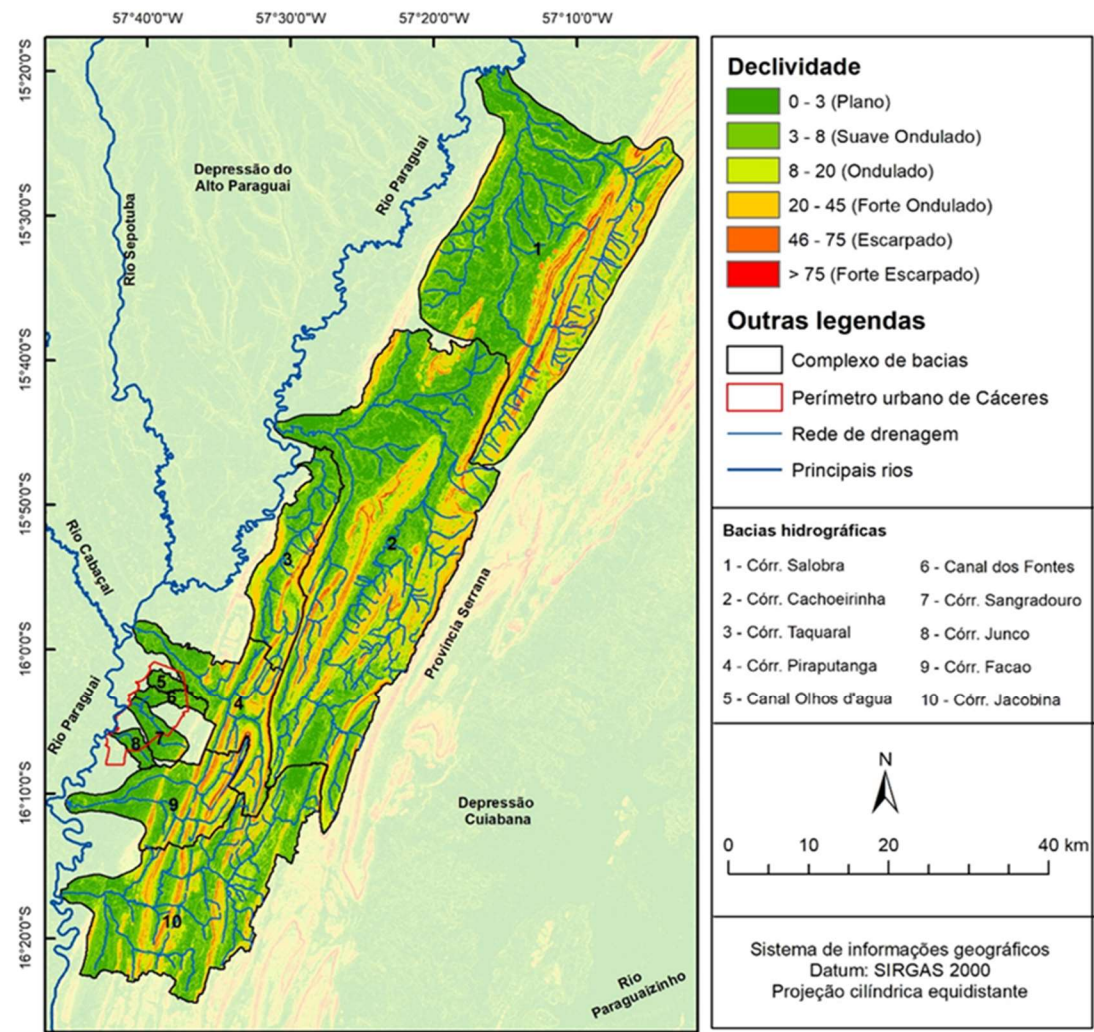


Figura 39: Mapa de declividade da sub-bacia. **Fonte:** Autora (2023) a partir dos dados da Embrapa 2006.

Essas áreas compreendem as Planícies e Pantanaís embasados geologicamente pela Formação Pantanal, além de terraços, depósitos aluvionares e os fundos e vales da Depressão do Alto Paraguai, que são estruturados pela litologia da Formação Diamantino.

Nos locais de baixa declividade, com relevo plano suave ondulado, encontram-se o maior número de cursos hídricos, que fluem lentamente em direção ao rio Paraguai. Economicamente, essas classes de declividade favorecem a prática da agricultura e pecuária. Nesses ambientes, a cobertura vegetal próxima aos córregos é escassa e, em alguns trechos, inexistente, tornando o solo propício a processos erosivos.

Os intervalos de declividade de 8 a 20% formam um relevo ondulado, correspondendo a um nível de fragilidade média que se estende por uma área de 490,51 km². Nesse espaço, o relevo é caracterizado como ondulado, predominando, principalmente, no alto e médio curso e em poucos locais do baixo curso. As serras da Província Serrana constituem o principal ambiente dessa classe de fragilidade, dispostas geologicamente nas Formações Araras e Raizama. Muitas nascentes que alimentam os cursos d'água estão localizadas nessas áreas, mas não são preservadas devido ao uso e ocupação que envolve principalmente a criação de bovinos.

A fragilidade forte abrange uma área de 459,60 km² do complexo de sub-bacias (Quadro 17). Nesses espaços, o relevo é classificado como fortemente ondulado, apresentando inclinação que varia entre 20 a 45%. No complexo de sub-bacias, os níveis de fragilidade muito forte ocupam uma área de 95,8 km², com intervalos de declividade entre 45% e acima de 75%. Esses níveis estão localizados nas serras elevadas da Província Serrana e apresentam relevos descritos como escarpados a fortemente escarpados. Essas características dificultam o uso e a ocupação da área.

O Quadro 18 apresenta os níveis de fragilidade ambiental da declividade do relevo nas sub-bacias: Salobra, Cachoeirinha, Taquaral, Piraputanga, Olhos d'Água, Fontes, Sangradouro, Junco, Facão e Jacobina.

Quadro 18: Declividade do relevo com respectivas denominações das classes e notas.

SALOBRA					
Fragilidade	Nota	Intervalo de DM	Descrição do relevo	Área (km²)	Porcentagem (%)
Muito fraca	1	0 – 3	Plano	239,03	31,49
Fraca	2	3 – 8	Suave Ondulado	227,88	30,02
Média	3	8 – 20	Ondulado	126,68	16,69
Forte	4	20 – 45	Forte Ondulado	131,94	17,38
Muito forte	5	45->75	Escarpado	28,70	3,91
CACHOEIRINHA					
Muito fraca	1	0 – 3	Plano	238,76	25,47
Fraca	2	3 – 8	Suave Ondulado	308,5	32,91
Média	3	8 – 20	Ondulado	188,03	20,06
Forte	4	20 – 45	Forte Ondulado	172,41	18,39
Muito forte	5	45->75	Escarpado	29,61	3,16
TAQUARAL					
Muito fraca	1	0 – 3	Plano	32,73	22,71
Fraca	2	3 – 8	Suave Ondulado	51,42	35,68
Média	3	8 – 20	Ondulado	30,58	21,22
Forte	4	20 – 45	Forte Ondulado	23,65	16,41
Muito forte	5	45->75	Escarpado	5,73	3,98
PIRAPUTANGA					
Muito fraca	1	0 – 3	Plano	34,50	20,64
Fraca	2	3 – 8	Suave Ondulado	48,68	29,12
Média	3	8 – 20	Ondulado	35,36	21,14
Forte	4	20 – 45	Forte Ondulado	38,07	22,77
Muito forte	5	45->75	Escarpado	10,58	6,33
OLHOS D'ÁGUA					
Muito fraca	1	0 – 3	Plano	5,51	63,19
Fraca	2	3 – 8	Suave Ondulado	3,11	35,67
Médio	3	8 – 20	Ondulado	0,1	1,15
Forte	4	20 – 45	Forte Ondulado	-	-

Muito forte	5	45->75	Escarpado	-	-
FONTES					
Muito fraca	1	0 – 3	Plano	10,12	61,22
Fraca	2	3 – 8	Suave Ondulado	6,02	36,78
Médio	3	8 – 20	Ondulado	0,3	1,81
Forte	4	20 – 45	Forte Ondulado	0,03	0,18
Muito forte	5	45->75	Escarpado	-	-
SANGRADOURO					
Muito fraca	1	0 – 3	Plano	17,07	61,54
Fraca	2	3 – 8	Suave Ondulado	9,2	33,17
Médio	3	8 – 20	Ondulado	0,63	2,27
Forte	4	20 – 45	Forte Ondulado	0,67	2,42
Muito forte	5	45->75	Escarpado	0,17	0,61
JUNCO					
Muito fraca	1	0 – 3	Plano	9,16	69,13
Fraca	2	3 – 8	Suave Ondulado	4,03	30,42
Médio	3	8 – 20	Ondulado	0,06	0,45
Forte	4	20 – 45	Forte Ondulado	-	-
Muito forte	5	45->75	Escarpado	-	-
FACÃO					
Muito fraca	1	0 – 3	Plano	41,27	27,69
Fraca	2	3 – 8	Suave Ondulado	44,13	29,61
Médio	3	8 – 20	Ondulado	25,73	17,26
Forte	4	20 – 45	Forte Ondulado	28,5	19,12
Muito forte	5	45->75	Escarpado	1,52	6,32
JACOBINA					
Muito fraca	1	0 – 3	Plano	98,64	22,94
Fraca	2	3 – 8	Suave Ondulado	172,4	40,09
Médio	3	8 – 20	Ondulado	83,04	19,31
Forte	4	20 – 45	Forte Ondulado	64,33	14,96
Muito forte	5	45->75	Escarpado	11,58	2,69

Fonte: Elaborado com base em Ross (1994). Organizado pela autora (2023).

As unidades de relevo (Província Serrana, Depressão do Alto Paraguai e Planícies e Pantanaís mato-grossenses) estão distribuídas com maior ou menor abrangência nos limites de cada sub-bacia. Ao analisar a área de estudo, é evidente que as formas de relevo e os níveis de declividade influenciam os resultados da fragilidade ambiental (Quadro 19).

Quadro 19: Descrição da Fragilidade da declividade ambiental do complexo de sub-bacias.

Sub-bacias	Descrição da fragilidade
Salobra	Nas Planícies e Pantanaís, há a predominância das classes de fragilidade muito fraca (0-3%) e fraca (3-8%), que constituem 31,49% e 30,02% da área da sub-bacia, respectivamente. Na Depressão do Alto Pantanal, a área apresenta declividade média (8-20%) abrangendo 16,69%. Na estrutura da Província Serrana, encontra-se declividades forte (20-45%) e muito forte (45-75%), com a fragilidade forte ocupando (17,38%) e a muito forte 3,91% da área da bacia.
Cachoeirinha	A fragilidade muito fraca (0-3%) corresponde a 25,47%, enquanto a fraca (3% a 8%) representa 32,91% da Planície e Pantanaís na área da sub-bacia. Quanto mais elevado o nível de fragilidade de declividade, menor a representação em porcentagem na área da sub-bacia. Assim, tem-se: fragilidade média (8 a 20%) com 20,06% de área (Depressão do Alto Pantanal), fragilidade forte (20 a 45%) com 18,39 % de área e fragilidade muito forte (45 a 75%) 3,16% na unidade de relevo da Província Serrana.
Taquaral	No relevo suave ondulado, a declividade média de 3 a 8% forma fragilidade de declividade fraca, com abrangência de 35,68% da área da sub-bacia nas Planícies e Pantanaís. A fragilidade muito fraca (0 a 3%) representa 22,71%, enquanto a média, com relevo ondulado, apresenta 21,22% (Depressão do Alto Paraguai). As fragilidades da declividade forte e muito forte são encontradas em relevos descritos como forte ondulado e escarpado (Província Serrana) e, no Taquaral 16,41% e 3,98% da área da dessa sub-bacia.
Piraputanga	Os níveis de fragilidade muito fraca (0 a 3%) e fraca (3 a 8%) constituem, respectivamente, 20,64% e 29,12% da área da sub-bacia nas Planícies e Pantanaís. O relevo ondulado, forte ondulado e escarpado é caracterizado por apresentar fragilidade da declividade média, forte e muito forte. Essa classe de fragilidade representa 21,14% (média) na unidade geomorfológica da Depressão do Alto Paraguai, 22,77% (forte) e 6,33% (muito forte) da área da Província Serrana na sub-bacia Piraputanga.
Olhos D'Água	O relevo plano, suave ondulado e ondulado é encontrado na sub-bacia Olhos d'Água. Nessas formações, ocorrem fragilidades de declividade muito fraca, fraca e média. A área da sub-bacia Olhos d'Água é representada por 63,19% de fragilidade da declividade muito fraca, 35,67% fraca na Planície e Pantanaís e 1,15% de fragilidade suave ondulada na Depressão do Alto Paraguai.
Fontes	Na sub-bacia Fontes, a classe de fragilidade da declividade muito fraca ocupa 61,22% da área, com desnível de 0 a 3%. A fragilidade fraca corresponde a 36,78% da área, com um desnível de 3 a 8% nas Planícies e Pantanaís. A fragilidade da declividade média e forte representam uma área menor, com 1,31% e 0,18%, respectivamente, na Depressão do Alto

	Pantanal. Nesses locais, a declividade do relevo é de 8 a 20% (ondulado) e 20 a 45% (forte ondulado).
Sangradouro	As classes de fragilidade muito fraca (0 a 3%) e fraca (3 a 8%) correspondem a 61,54 e 33,17% de área da sub-bacia do Sangradouro situada nas Planícies e Pantanaís. Nos locais com relevo ondulado, o intervalo de declividade varia de 8 a 20%. Nessa condição, ocorre a fragilidade média em 2,27% da área da Depressão do Alto Pantanal. Nos tipos de relevo forte ondulado e escarpado, a fragilidade é classificada como forte e muito forte, abrangendo 2,42% e 0,61% da sub-bacia na Província Serrana.
Junco	O relevo descrito como plano abrange 69,13% da sub-bacia do Junco, onde o intervalo da declividade varia de 0 a 3%, resultando em uma fragilidade muito fraca. Na classe de declividade fraca, o relevo suave ondulado, com inclinação da declividade de 3 a 8%, ocupa 30,42% da sub-bacia nas Planícies e Pantanaís. Já o relevo ondulado, com declividade de 8 a 20%, corresponde a 0,45% da área e apresenta média fragilidade na Depressão do Alto Pantanal.
Facão	As classes de fragilidade muito fraca (0 – 3%) e fraca (3 – 8%) apresentam relevo plano em 27,69% e suave ondulado em 29,61% da área da sub-bacia nas Planícies e Pantanaís. A fragilidade média ocorre em relevo ondulado, com intervalo de declividade de 8 a 20%), na Depressão do Alto Pantanal. As fragilidades forte e muito forte estão presentes em relevo forte ondulado (20 – 45%) e escarpado (45 – 75%) da Província Serrana. Os dados mapeados indicam que 19,12% da área da sub-bacia Facão recebe influência da fragilidade forte, enquanto 6,32% estão sob influência da fragilidade muito forte.
Jacobina	O relevo plano (0 – 3%) e suave ondulado (3 – 8%) apresenta, na área da sub-bacia, fragilidade da declividade muito fraca em 22,94% e fragilidade fraca em 40,09% nas Planícies e Pantanaís. A fragilidade média ocorre na Depressão do Alto Paraguai, com declividade de 8 a 20%, sob relevo ondulado, abrangendo 19,31%. Nas áreas de ocorrência da fragilidade forte e muito forte, os intervalos de declividade são de 20 a 45% e 45 a 75%. Nesses locais, o relevo caracteriza-se como forte ondulado e ondulado e abrange 14,96% e 2,71% da área da bacia Jacobina na Província Serrana.

Fonte: Elaborado com base em Ross (1994). Organizado pela autora (2023).

Quanto maior a declividade das vertentes, maior é sua fragilidade, tornando-as suscetíveis aos processos erosivos e aos movimentos de massa. No complexo de sub-bacias, essas áreas são caracterizadas por relevo ondulado e forte ondulado (Quadros 18 e 19), estruturadas por serras, morros e escarpas na Província Serrana. Nesta conjuntura, a sub-bacia Piraputanga apresenta uma significativa abrangência de relevo forte ondulado (22,77%) e escarpado (6,33%). Nesses espaços, a declividade varia entre 20% a 45% e acima de 45%, o que demanda cuidados especiais em relação aos processos erosivos.

Apesar das áreas com relevo declivoso ocuparem extensões modestas nas sub-bacias Salobra, Cachoeirinha, Taquaral, Facão, Jacobina e

Sangradouro, os cuidados e a atenção acerca dos movimentos de massa devem ser uma prática constante. Isso se deve ao fato de que, nesses limites, encontram-se importantes nascentes que estruturam os primeiros cursos d'água.

Portanto, a relevância desse ambiente no meio natural como também sua fragilidade, em razão da declividade do terreno, pode influenciar a velocidade do escoamento nas encostas e a remoção de partículas superficiais. O equilíbrio dessa dinâmica natural é seriamente comprometido pelo uso inadequado e indevido em alguns espaços.

Entre o médio e o baixo curso das sub-bacias, a fragilidade muito fraca e fraca, com declividade classificada em até 8%, afeta significativamente os terrenos. Essas áreas compreendem os vales da Depressão do Alto Paraguai e das Planícies e Pantanaís, onde são suscetíveis à ocorrência de inundações, assoreamento, recalques e erosão fluvial.

Observa-se que a localização das sub-bacias urbanas (Olhos d'Água, Fontes, Sangradouro e Junco) em áreas de baixa declividade resulta no domínio da fragilidade muito fraca e fraca em seus territórios (Quadros 18 e 19; Figura 39). Além disso, nas sub-bacias Salobra e Facão, o nível de fragilidade muito fraca abrange consideráveis extensões, com 31,49% e 27,69%, respectivamente. O nível de fragilidade fraca é expressivo nas sub-bacias Jacobina, Taquaral e Cachoeirinha, com 40,09%, 35,68% e 32,91% da área.

Dessa forma, nas áreas onde os níveis de fragilidade são mais baixos, favorece-se a implantação de determinados tipos de práticas voltadas para o uso do solo. As áreas consideradas mais frágeis, no entanto, demandam práticas tecnicamente mais adequadas a essas condições (Ross, 1995).

3.1.2 Fragilidade ambiental de acordo com o clima

Pesquisas relacionadas às condições climáticas e à precipitação, nas áreas das sub-bacias hidrográficas são essenciais para o entendimento da dinâmica dos elementos naturais existentes no local. O índice pluviométrico influencia o abastecimento do lençol freático e das redes hidrográficas, podendo também interferir nas características morfológicas, já que o escoamento das águas pluviais favorece a modelagem da paisagem.

Os tipos climáticos podem ser subdivididos, de acordo com o “mesoclima”, uma vez que as características específicas das condições locais atuam como variáveis na definição do clima (Mendonça *et al.*, 2007). Com base nos aspectos da região do complexo de sub-bacias, o clima foi subdividido em mesoclimas, caracterizando-se por dois tipos climáticos: Tropical Megatérmico Sub-Úmido das Depressões e Pantanaís de Mato Grosso e o Tropical de Altitude Mesotérmico Quente da Fachada Meridional das Chapadas e Planaltos (SEPLAN, 2000) (Figura 40).

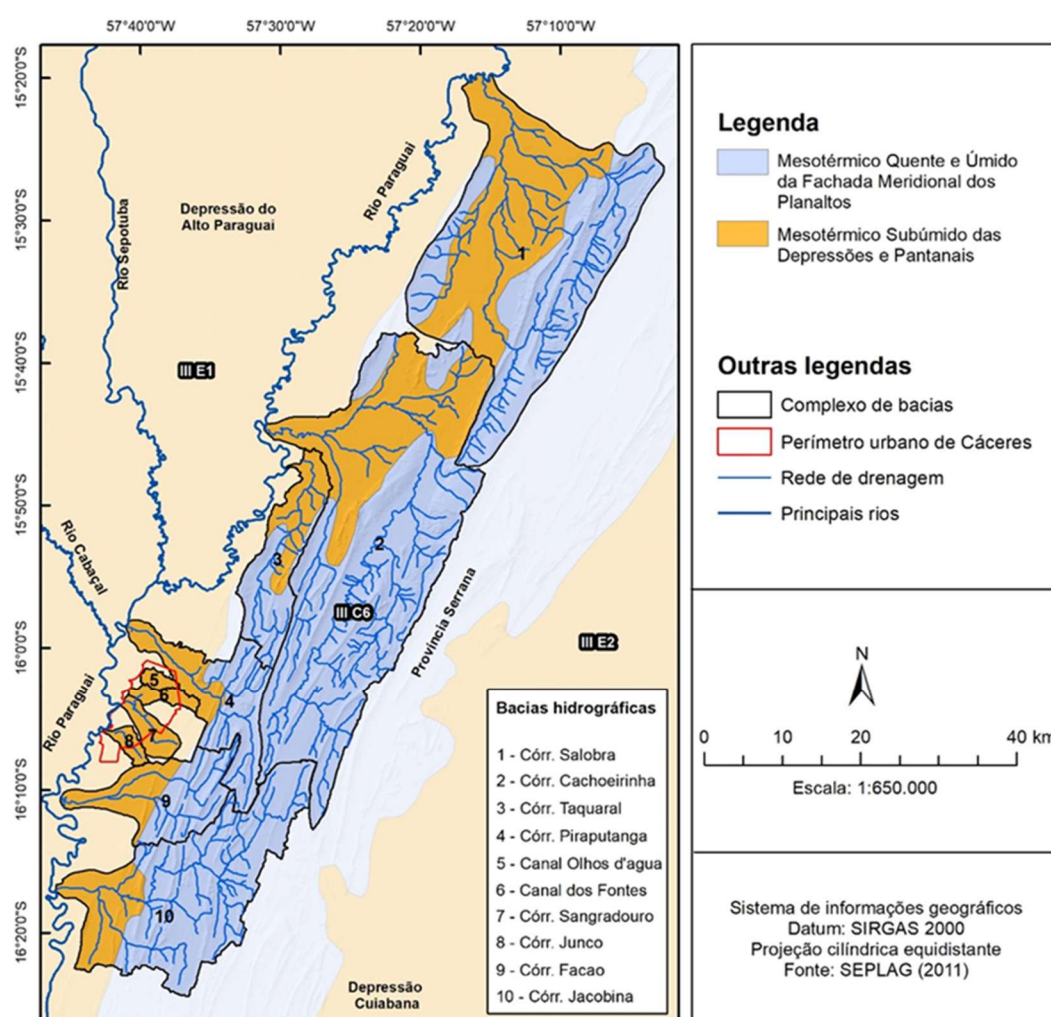


Figura 40: Mapa climático da região das sub-bacias. **Fonte:** A autora (2023) organizado com dados da ANA.

Esses dois tipos climáticos estão condicionados a duas estações bem definidas: uma com períodos secos e outra com chuvas, que incidem em locais com diferentes níveis de fragilidade.

No complexo de sub-bacias, a disposição do relevo na área da Província Serrana, bem como suas características relacionadas à altitude, é um fator preponderante no condicionamento do regime de precipitações e tipo climático. Nesses locais, tanto o relevo quanto os níveis de precipitação são mais elevados nessas áreas (Figura 41).

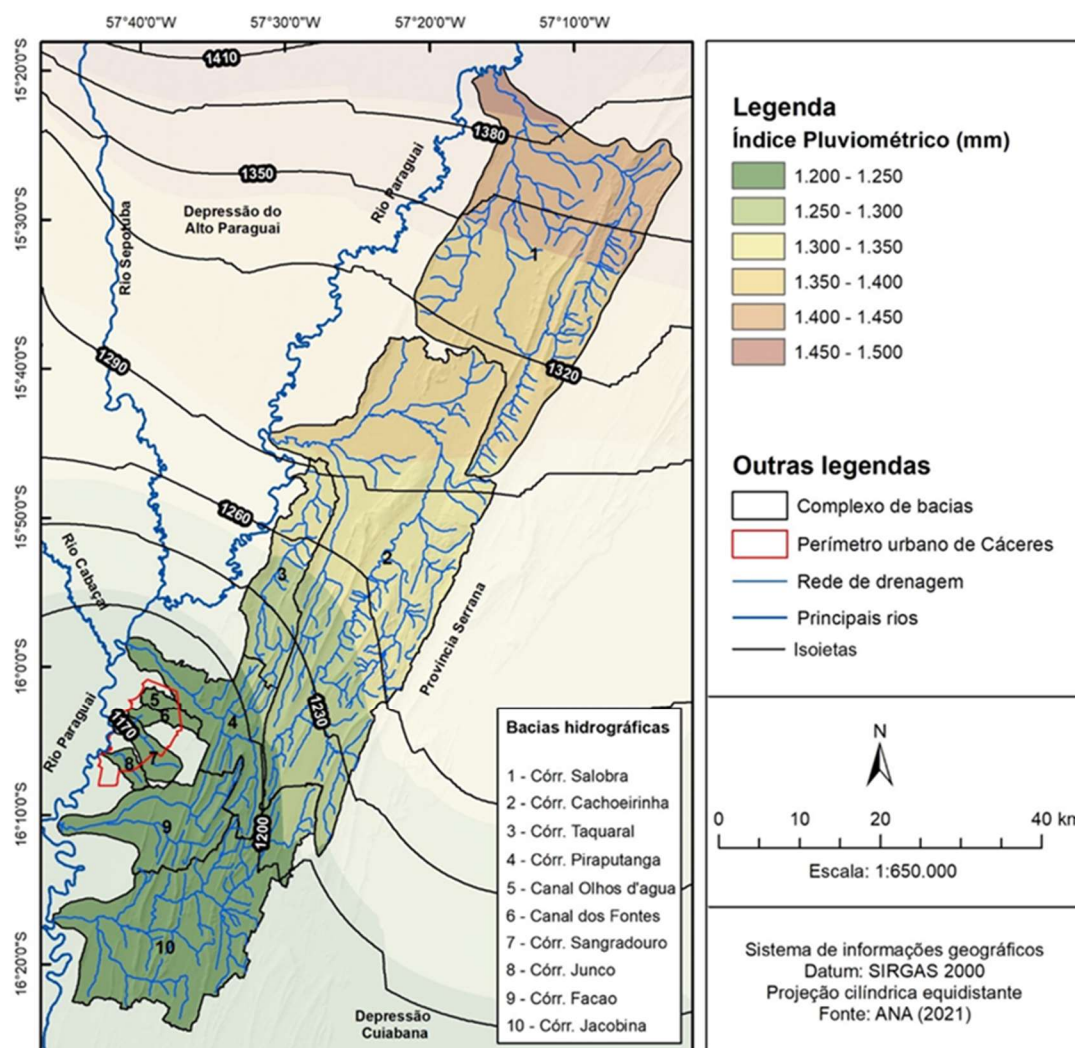


Figura 41: Mapa de precipitação do complexo de sub-bacias. **Fonte:** A autora (2023) com base em dados da ANA.

Na região declivosa da Província Serrana, atua o clima Tropical de Altitude Mesotérmico Quente da Fachada Meridional das Chapadas e Planaltos, apresentando índices pluviométricos entre 1.400 a 1.600 mm com 4 a 5 meses de seca estacional (junho a setembro-outubro). O excedente hídrico varia de pequeno a moderado, entre 400 a 800 mm, com duração de outubro a abril (SEPLAN, 2000).

Assim, de acordo com a classe de fragilidade climática, essas áreas apresentam características que se enquadram, com base nos dados de precipitação, no grau de fragilidade forte (Quadro 20).

Quadro 20: Níveis de hierarquia do comportamento pluviométrico.

Grau de fragilidade	Níveis hierárquicos	Características pluviométricas
1	Muito Baixa	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 1.000 mm/ano.
2	Baixa	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 2.000 mm/ano.
3	Média	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com períodos secos entre 2 e 3 meses no inverno, e no verão com maiores intensidades de dezembro a março.
4	Forte	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com período seco entre 3 e 6 meses, alta concentração das chuvas no verão entre novembro e abril, quando ocorrem de 70 a 80% do total das chuvas.
5	Muito Forte	Situação pluviométrica com distribuição regular, ou não, ao longo do ano, com grandes volumes anuais ultrapassando 2.500 mm/ano; ou ainda, comportamentos pluviométricos irregulares ao longo do ano, com episódios de alta intensidade e volumes anuais baixos, geralmente abaixo de 900 mm/ano (semiárido).

Fonte: Elaborado com base em Ross (1994). Organizado pela autora (2023).

Na rede de drenagem do alto curso das sub-bacias, muitas nascentes se formam nas áreas de declividade dos morros e serras da Província Serrana, que apresentam o clima tropical de altitude. A maior intensidade de chuvas, associada à geologia, promove o abastecimento dessas nascentes, uma vez que a água infiltra-se com facilidade pelas formações litológicas, compostas por arenito e calcário. Contudo, nessas áreas, a declividade dos morros e serras da Província Serrana torna-se suscetível a processos de erosão pelo escoamento da água das chuvas.

Diante de um conjunto de fatores, a declividade do relevo torna-se relevante em eventos de pluviosidade. Em áreas com relevo íngreme, a velocidade do escoamento da água da chuva é maior, o que aumenta a propensão ao desencadeamento de processos erosivos. A desagregação do

solo é ocasionada pelo impacto direto das gotas de chuva, como também pelo escoamento das águas na superfície (Toledo *et al.*, 2012). O clima influencia o solo por contribuir para a erosão, acelerando esse processo, que está relacionado à intensidade e à distribuição sazonal das chuvas, na Província Serrana.

A fragilidade média de grau 3 (três) corresponde às regiões que abrangem o clima Tropical Megatérmico Sub-Úmido das Depressões e Pantanaís de Mato Grosso. São áreas rebaixadas, com pluviosidade anual de 1.300 a 1400 mm, havendo praticamente 2 a 3 meses de seca, podendo atingir de 6 a 8 meses, e deficiência hídrica de 300 a 350 mm (de abril a novembro) além de um excedente de 300 a 400 mm (janeiro a março). No complexo de sub-bacias, os dados pluviométricos, demonstram uma disposição na média anual que tende a diminuir nas sub-bacias localizadas ao sul.

Ao norte do complexo, a sub-bacia Salobra apresenta as maiores médias de precipitação, variando entre 1.500 mm a 1.450 mm, com uma redução que ocorre entre 1.450 mm e 1.350 mm ao sul. Essa variação foi verificada ao norte da sub-bacia Cachoeirinha, onde, seguindo na direção sul, está o limite com a sub-bacia Taquaral. Nesse local, a precipitação passa a atingir entre 1.350 mm a 1.250 mm. Ao sul do complexo, os índices de precipitação registraram as menores médias, variando de 1.250 mm a 1.200 mm nas sub-bacias Piraputanga, Olhos d'Água, Fontes, Sangradouro, Junco, Facão e Jacobina.

Estudos sobre a distribuição da precipitação no Pantanal, realizados por Marcuzzo *et al.* (2010), Cardoso *et al.* (2012) e Guimarães *et al.* (2018), verificaram que os índices pluviométricos mais elevados ocorrem ao norte e leste do bioma Pantanal, enquanto os menores índices estão localizados no centro do bioma. Segundo Cardoso *et al.*, (2012), a dinâmica das chuvas na bacia está diretamente relacionada diretamente à movimentação das massas de ar e à variação altimétrica. O norte do complexo de sub-bacias recebe influências das regiões de maior altitude.

A região sul do complexo apresenta menor índice de precipitação, pois é influenciada pelas pressões atmosféricas originadas na Bolívia. Sobre essa dinâmica, pode-se afirmar que:

Já a região de menor índice de precipitação está localizada no oeste da parte brasileira da bacia. Nessa região há a atuação da Alta da Bolívia, onde as pressões elevadas da região dificultam a formação de nuvens dos tipos cumulus e cumulus nimbus que são as nuvens carregadas de umidade que vêm a precipitar. Nessa região da bacia os volumes de chuvas ficam entre 800 mm e 1000 mm podendo ser comparados aos do semiárido brasileiro, onde se tem os menores índices de precipitação do Brasil. (Cardoso; Marcuzzo, 2012, p. 9).

Como esse tipo climático atinge os locais do complexo de sub-bacias, que possuem elevação reduzida e declividade suave, as águas das precipitações escoam naturalmente de forma lenta na superfície. Essa dinâmica permite que os cursos d'água sejam abastecidos e modelados por uma estrutura composta por siltitos e folhelhos, até as áreas planas de depósitos aluvionares das Planícies e Pantanaís mato-grossenses.

Os efeitos da ação das chuvas tornam-se relevantes quando outros fatores que integram o ambiente incluem elementos naturais e antrópicos que possam oferecer debilidades. Nesse sentido, observa-se, no complexo de sub-bacias, a formação de solos frágeis.

Ao estudar a sub-bacia do córrego Cachoeirinha, Santos (2021) expõe que, além da dinâmica natural (altitude, declividade e precipitação), o uso excessivo pelas atividades econômicas voltadas para a agropecuária contribui para a produção de sedimentos nos cursos d'água, transformando a região em uma área propensa a danos ambientais. Essa condição afeta todo o complexo de sub-bacia devido às atividades econômicas.

Assim como na sub-bacia do córrego Cachoeirinha, a área do complexo de sub-bacias apresenta características voltadas a condições econômicas similares, com intensa exploração da pecuária e cultivos nas proximidades dos cursos hídricos nos últimos anos.

A maior incidência de precipitação nas sub-bacias localizadas ao norte resulta em uma maior fragilidade em áreas desprotegidas de cobertura vegetal, o que demanda cuidados especiais quanto à proteção de vegetação ciliar nas margens de rios e nascentes e encostas íngremes. Nas áreas ao sul do complexo, onde o índice de precipitação anual é menor, a atenção também devem ser uma prática constante tendo em vista que, nos períodos de umidade,

eventos de precipitação podem ser constantes, ocasionando efeitos danosos em solos desprotegidos e, assim, potencializando assim os processos erosivos.

3.1.3 Fragilidade ambiental do solo

As características e a posição geográfica dos solos identificados no complexo de sub-bacias revelam distintas situações de fragilidade. Nesse sentido, foram mapeados e identificados doze tipos de solos, classificados de acordo com os níveis de fragilidade (Figura 42; Quadro 21).

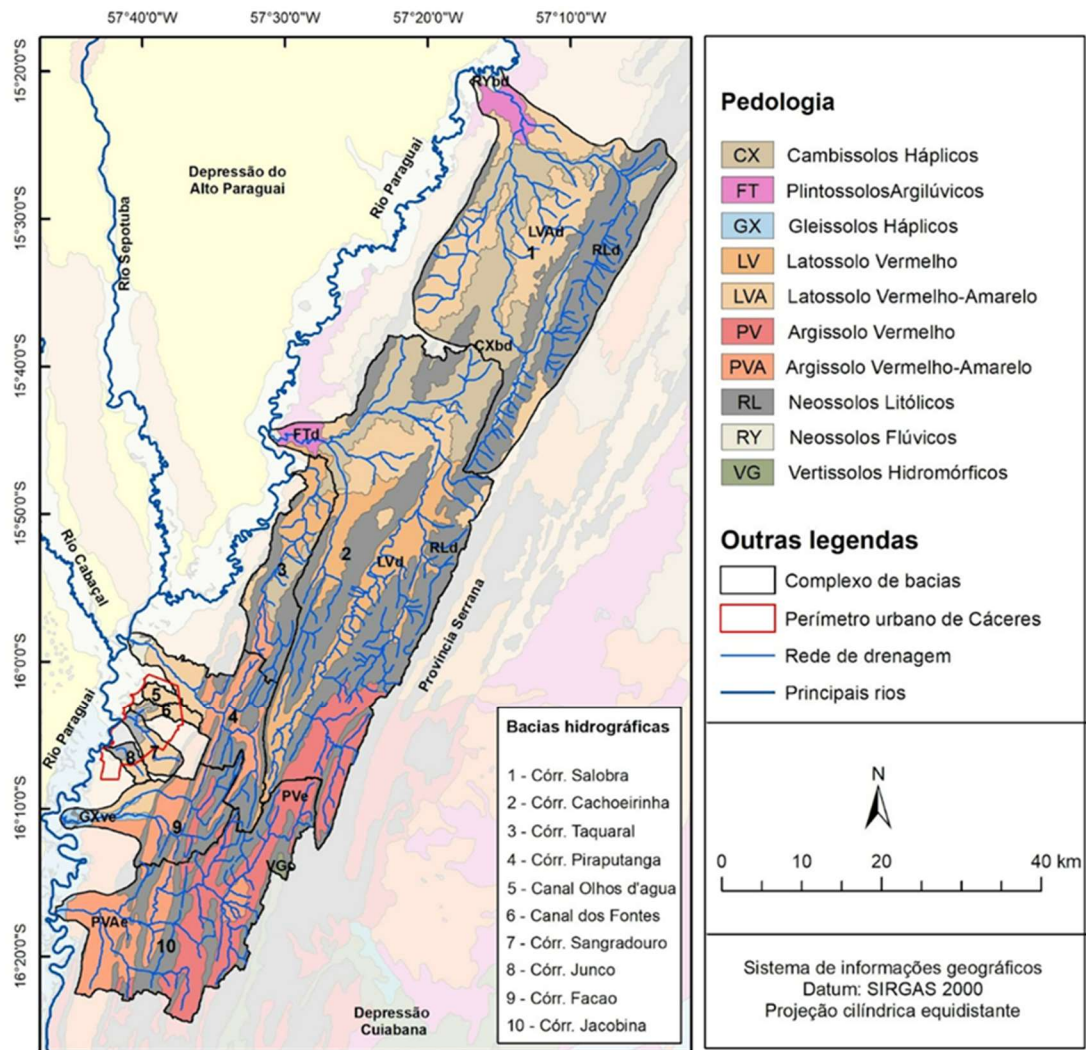


Figura 42: Mapa de solos do complexo de sub-bacias do Alto Paraguai. **Fonte:** A autora (2023) com base em dados da base vetorial do IBGE (2018) padronização SiBCS 2018.

Quadro 21: Classe da fragilidade ambiental do solo.

Nota	Fragilidade ambiental	Tipos de solos	Área km²	Área km²
------	-----------------------	----------------	----------	----------

1	Muito fraca	Latossolo Vermelho Distrófico típico textura argilosa;	250,49	349,4
		Vertissolo Hidromórfico Típico textura argilosa;	3,17	
		Plintossolo Argilúvico Distrófico textura arenosa/média e média/argilosa;	60,02	
		Gleissolo Háplico;	17,75	
		Neossolo Flúvico;	17,97	
2	Fraca	Latossolo Vermelho-Amarelo textura média	443,29	443,29
3	Média	Argissolo Vermelho-Amarelo textura argilosa	242,66	504,86
		Argissolo Vermelho Eutrófico típico textura média;	262,2	
4	Forte	Cambissolo Háplico Neossolo Regolítico	396,35	396,35
5	Muito Forte	Neossolo Litólico;	955,71	955,71
		Neossolo Quartizarênico	-	

Fonte: Elaborado com base em Ross (1994). Organizado pela autora (2023).

Os solos de fragilidade muito fraca abrangem uma área de 349,40 km² do complexo, representados pelos solos Latossolo Vermelho, Vertissolo, Plintossolo Argilúvico, Gleissolo Háplico e Neossolo Flúvico. A fragilidade fraca é atribuída aos Latossolos Vermelho-Amarelo, ocupando uma área de 443,29 km². A classe de fragilidade média corresponde a 504,86 km², composta pelos Argissolos Vermelho-Amarelo e Argissolos Vermelho. Quanto à fragilidade forte, os solos Cambissolo Háplico e o Neossolo Regolítico ocupam 396,35 km². A fragilidade muito forte, com a maior área, abrange 955,71 km², formada por Neossolos Litólico e Neossolos Quartizarênico.

Os tipos de solos encontrados no complexo de sub-bacias apresentam fragilidades classificadas em todos os níveis. As fragilidades muito forte e forte totalizam uma área de 1.352,06 km², com solos pouco estruturados, localizados principalmente em regiões com maior declividade. Esses locais indicam uma forte fragilidade, impondo limites e restrições quanto ao uso.

Os solos com fragilidade muito fraca, fraca e média ocupam uma área de 1.297,55 km². Esses solos apresentam uma estrutura estável, com agregados, que resistem bem a mudanças repentinas de umidade do solo e chuvas intensas, sendo, portanto, considerados menos frágeis.

Os solos com características de fragilidade muito fraca abrangem uma área de 349,4 km² do complexo de sub-bacias. Essa classe inclui cinco tipos de solo, que ocupam a área do complexo, porém sua distribuição é específica em algumas da sub-bacias, quais sejam:

- Latossolo Vermelho Distrófico típico textura argilosa – Cachoeirinha 202,82 km², Taquaral 44,11 km², Piraputanga 2,81 km² e Jacobina 0,75 km²;
- Vertissolo Hidromórfico Típico textura argilosa – Jacobina 3,17 km²;
- Plintossolo Argilúvico Distrófico textura arenosa/média média/argilosa – Salobra 28,17 km², Cachoeirinha 16,36 km², Olhos d'Água 0,14 km², Fontes (3,06 km²), Sangradouro 6,73 km², Junco 5,56 km²;
- Gleissolo Háptico – Junco 0,01 km², Facão 14,87 km², Jacobina 2,87 km²;
- Neossolo Flúvico – Salobra 8,35 km², Cachoeirinha 1,78 km², Taquaral 0,59 km², Piraputanga 7,15 km², Olhos d'Água 0,01 km², Fontes 0,08 km², Sangradouro 0,01 km².

O Latossolo ocorre em maior área no córrego Cachoeirinha e Taquaral concentrado nos vales, na Depressão do Alto Paraguai e nas planícies (Figura 42). Nesses locais, o relevo mais plano torna o escoamento mais lento, o que o torna pouco suscetível à erosão. Esses solos possuem boa permeabilidade e drenabilidade, sendo porosos e profundos. Santos (2021) ressalta o avanço da monocultura e a pecuária sobre essas áreas.

Com uma representatividade de 3,17 km², na sub-bacia Jacobina, encontra-se o Vertissolo Hidromórfico, que ocorre em relevo de baixa declividade e suave ondulado. Apresenta dificuldade de drenagem, por isso, no período chuvoso, a umidade é intensa e no período de estiagem a elevado grau de compactação.

Nas sub-bacias Salobra, Cachoeirinha, Olhos d'Água, Fontes, Sangradouro e Junco, ocorre a formação do solo Plintossolo Argilúvico Distrófico, com textura arenosa/média e média/argilosa, ocupando uma área de 60,2 km² do complexo de sub-bacias. Essa classe é encontrada nas planícies aluviais no baixo curso, e seu manejo é destinado à pecuária extensiva. O relevo

plano permite um fluxo hídrico lento, caracterizando-se como um ambiente de acumulação de sedimentos. Apesar dessa dinâmica natural, o uso deve ser realizado com cautela, visto que a presença da plintita pode acelerar o processo erosivo (Martins *et al.*, 2006).

O Gleissolo Háptico ocupa uma área limitada no baixo curso da planície de inundação das sub-bacias Junco, Facão e Jacobina, totalizando 17,75 km². O relevo predominantemente plano sugere baixo risco aos processos erosivos.

O Neossolo Flúvico abrange a área das bacias Salobra, Cachoeirinha, Taquaral, Piraputanga, Olhos d'Água, Fontes e Sangradouro, representando 17,97 km² de ocupação no complexo de sub-bacias. Segundo Sousa *et al.* (2015), esse solo se caracteriza pela formação de sedimentos aluvionares, podendo atingir até 150 centímetros de profundidade. Apresenta elevada variabilidade de seus atributos químicos e sua fertilidade natural depende da riqueza de nutrientes presentes nas águas do rio e no sedimento transportado e depositado. Os autores destacam que a fertilidade natural do Neossolo Flúvico permite a formação de vegetação arbustiva e arbórea que auxilia na estabilidade das margens, reduzindo ou amenizando a erosão.

A fragilidade fraca aparece com o Latossolo Vermelho-Amarelo textura média nas sub-bacias: Salobra (235,79 km²), Cachoeirinha (105,05 km²), Taquaral (5,1 km²), Piraputanga (31,48 km²), Olhos d'Água (8,57 km²), Fontes (13,36 km²), Sangradouro (15,96 km²), Junco (97,57 km²), Facão (17,41 km²). Dentre as sub-bacias citadas, Salobra e Cachoeirinha apresentam a maior cobertura dessa classe de solo (Figura 42). A fragilidade fraca atribuída ao Latossolo Vermelho-Amarelo abrange uma área de 443,29 km² do complexo de sub-bacias. Essa classificação de fragilidade ambiental fraca reflete a categoria de declividade reduzida. Os declives modestos reduzem a perda de solos, demonstrando, em condições naturais ou quando manejados de forma adequada, boa resistência aos processos erosivos.

Na categoria fragilidade média, destaca-se o Argissolo Vermelho-Amarelo, de textura argilosa, ocupando uma área de 242,66 km², distribuída nas sub-bacias: Taquaral 14,32 km², Piraputanga 56,70 km², Sangradouro 0,48 km², Facão 51,28 km², Jacobina 129,66 km². O Argissolo Vermelho Eutrófico típico textura média também está inserido no nível de média fragilidade, estendendo-se por uma área de 262,2 km². A totalidade dessa classe de solo é de 504,86

km² de fragilidade média na área de estudo. Esses solos estão localizados em regiões com relevo mais ondulado, o que os torna suscetíveis à erosão devido ao alto gradiente textural, necessitando de práticas agrícolas adequadas para reduzir o problema.

O Cambissolo Háplico é classificado como um solo com fragilidade forte. Abrange uma área de 396,35 km², do complexo, distribuída nas sub-bacias Salobra (228,1 km²), Cachoeirinha (142,23 km²) e Taquaral (26,02 km²). Outro solo de fragilidade forte é o Neossolo Regolítico, identificado por Santos (2021), na área da sub-bacia Cachoeirinha. Devido a questões de escala durante o mapeamento, essa classe de solo não foi devidamente registrada.

Esses solos são pouco profundos a rasos e apresentam uma pequena diferença entre horizontes. Sua ocorrência no relevo declivoso das serras e morros da Província Serrana, associada a uma fina camada de solo sobre a rocha e uma vegetação esparsa de gramíneas e arbustos, oferece pouca proteção durante as chuvas, resultando em alta susceptibilidade erosiva.

Neto *et al.* (2015) pontuam que o Cambissolo Háplico é pouco suscetível à erosão quando localizado em relevo plano, mas que o sistema de manejo considerar práticas conservacionistas para evitar processos erosivos. Neste sentido, é importante ressaltar que, na sub-bacia Salobra, o Cambissolo Háplico é encontrado em relevo plano no médio curso.

Na fragilidade muito forte, destaca-se o Neossolo Litólico, que ocupa uma área expressiva no complexo de sub-bacias, totalizando 955,71 km² distribuídos entre as sub-bacias: Salobra 258,62 km², Cachoeirinha 381,97 km², Taquaral 53,97 km², Piraputanga 68,14 km², Fontes 0,03 km², Sangradouro 1,35 km², Facão 51,99 km² e Jacobina 139,64 km². Outra classe de solo classificada como de fragilidade muito forte é o Neossolo Quartzarênico, que não foi identificada no mapeamento de solos, mas nos estudos de campo realizados por Tavares (2020) no baixo curso da sub-bacia Piraputanga.

O Neossolo Litólico é um solo raso, com profundidade que não ultrapassa 55 cm, e é suscetível à erosão principalmente por ser encontrado em áreas de maior declividade (EMBRAPA, 2018). Na área de estudo, esse solo é encontrado no alto curso das serras da Província Serrana, próximo às nascentes. Além da declividade acentuada, a pouca profundidade limita a proteção vegetal, já que o crescimento das plantas é restringido pela baixa fertilidade do solo, contribuindo

para maior erodibilidade, classificando-o em categoria (5), com fragilidade muito forte.

3.1.4 Fragilidade do uso e cobertura da terra

Quanto à cobertura e uso da terra, no complexo de sub-bacias foram mapeadas as seguintes classes: área florestal, formação savânica, pastagem, agricultura de soja e outros ciclos temporários, áreas desmatadas e solo exposto sem vegetação. As classes de proteção, quando presentes no ambiente natural, resultam em fragilidade muito fraca e fraca. Nessas sub-bacias, esse nível de proteção está relacionado à cobertura florestal, savânica e campestre.

A fragilidade média, apresenta um nível de proteção médio, onde a cobertura é ocupada por pastagens, e está mostra presente em grandes extensões nas sub-bacias. Em relação às fragilidades forte e muito forte são associadas a classes de proteção baixas e muito baixas, correspondendo a áreas onde houve a retirada da cobertura natural e a exposição ao uso agrícola.

Nessa perspectiva, as formas de uso e cobertura foram organizadas e classificadas conforme as classes de proteção e os níveis de fragilidade presentes na área de estudo (Quadro 22).

Quadro 22: Classes de proteção, notas e tipologias de uso da terra e cobertura vegetais

Classes/ proteção	Fragilidade	Tipologias de uso da terra e cobertura vegetal	Área (km²)
Muito forte	Muito fraca	Área florestal	755,25
Forte	Fraca	Formação Savânica e Campestre	893,28
médio	Média	Pastagem	809,84
Baixa	Forte	Agricultura de soja e outros ciclos temporários	158,61
Muito baixa	Muito Forte	Áreas desmatadas e, solo exposto não vegetadas	32,48

Fonte: Elaborado com base em Ross (1994). Organizado pela autora (2023).

O complexo de sub-bacias apresenta uma área de 755,25 km² com fragilidade ambiental classificada como muito fraca, correspondente ao uso da cobertura florestal. Além disso, possui 809,28 km² caracterizados como fragilidade fraca, associados à formação savânica e campestre

A Figura 43 e Quadro 23 mostram a distribuição da cobertura florestal e savânica/ campestre nas sub-bacias do complexo.

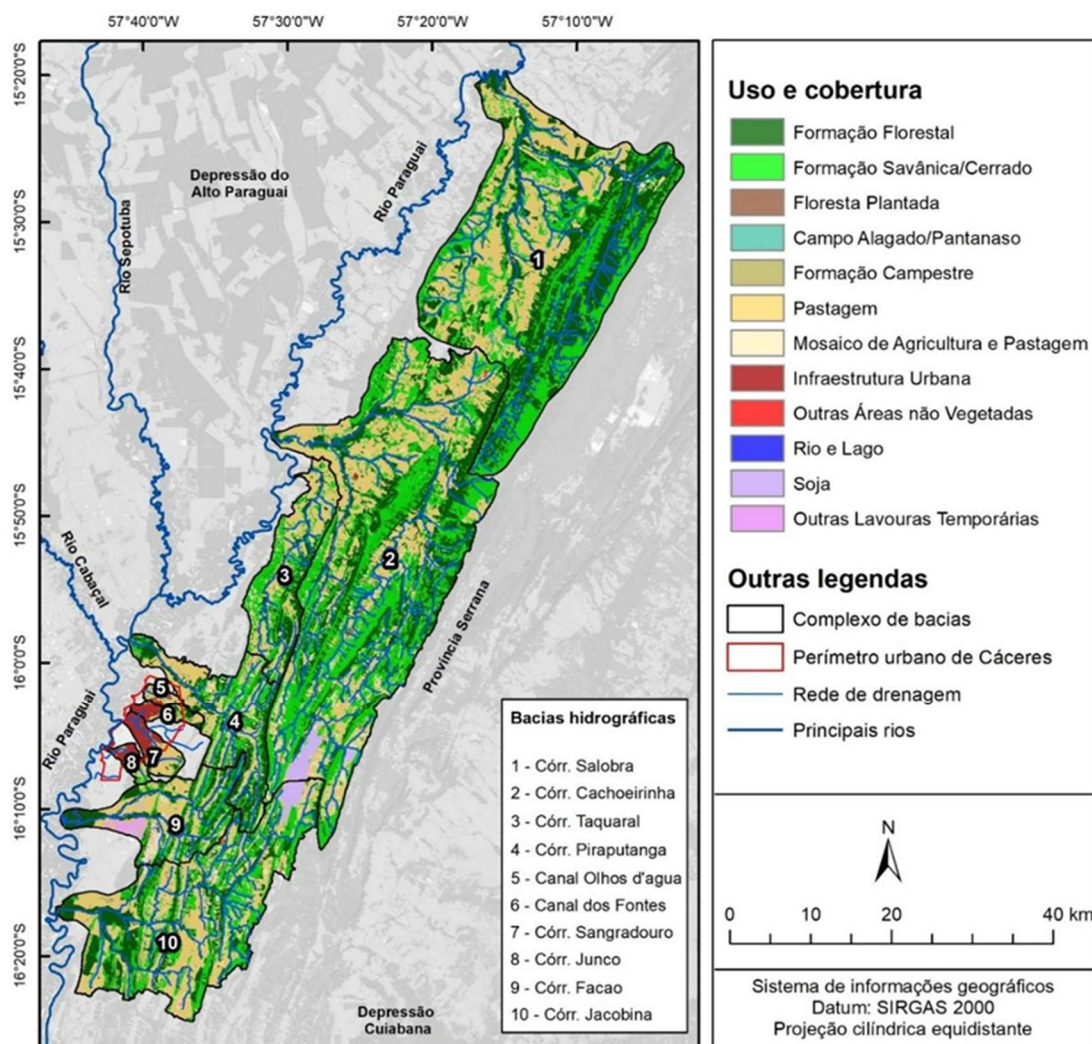


Figura 43: Uso e ocupação da terra no complexo de bacias no período de 2021
Fonte: A autora (2023) organizado a partir de dados do mapBiomias (2019).

Quadro 23: Distribuição da cobertura do solo nas sub-bacias

Sub-bacia	Área total da sub-bacia (km ²)	Formação Florestal Área km ²	Formação Savânica/Campestre Área km ²
Salobra	759,03	278,04	253,93
Cachoeirinha	937,31	230,84	370,39

Taquaral	144,11	33,13	46,85
Piraputanga	167,19	54,17	46,28
Olhos d'Água	8,72	0,36	0,55
Fontes	16,53	3,13	0,96
Sangradouro	27,74	2,29	1,11
Junco	13,25	0,53	1,74
Facão	149,05	45,99	29,9
Jacobina	429,99	105,49	121,71

Fonte: Elaborado com base em Ross (1994). Organizado pela autora (2023).

A área florestal está distribuída pelas serras e morros da Província Serrana, onde concentram as cabeceiras que formam os cursos fluviais. Nesse contexto, a fragilidade muito fraca é associada a uma classe de proteção muito forte.

A estrutura geomorfológica da Província Serrana é dominante no complexo de sub-bacias, apresentando áreas com elevada declividade, que dificultam o uso antrópico. Como resultado, prevalecem nessas regiões as unidades florestais. A formação savânica e campestre está relacionada ao cerrado, ocupa uma área maior no complexo de sub-bacias, totalizando 893,28 km², o que a qualifica com fragilidade fraca e uma classe de proteção forte. Essa formação também se faz presente nas serras e morros da Província Serrana. Como mencionado, essa estrutura física impõe limitações naturais ao uso, tornando o espaço mais preservado.

No mapa do uso e cobertura, disposto na Figura 43, observa-se que as áreas declivosas estão cobertas pela formação florestal e formação savânica. Nos locais propícios ao uso, o ambiente natural foi alterado, com a retirada e substituição da vegetação por atividades econômicas, como o cultivo de pastagem para criação de bovinos, agricultura e infraestrutura urbana. A pecuária se destaca no mapeamento, sendo evidente em todas as sub-bacias. Nesses espaços, é notável que, em alguns trechos às margens dos cursos d'água, as áreas estão desprotegidas ou não vegetadas, em desacordo com a Lei n.º 12.651/2012 (BRASIL, 2012).

As sub-bacias Salobra, Cachoeirinha, Taquaral, Piraputanga, Facão e Jacobina apresentam uma maior abrangência de cobertura vegetal, em contraste com as sub-bacias Olhos d'Água, Fontes, Sangradouro e Junco. Essas sub-bacias apresentam uma área reduzida, porém a cobertura vegetal é bem inferior, pois ambas passam pelo processo de urbanização. Outro fator importante é que essas sub-bacias não são ocupadas pela estrutura geomorfológica da Província Serrana, o que as torna livres de limitações naturais.

A pecuária é a principal atividade econômica praticada no complexo de sub-bacias, classificada como de média fragilidade e média classe de proteção do solo. São 809,84 km² de área ocupada por pastagens em espaços limitados dos vales e encostas da Província Serrana, Depressão do Alto Paraguai, além das planícies e pantanais. É uma atividade econômica importante para o desenvolvimento econômico regional, porém o manejo inadequado vem potencializando a erosão e o assoreamento da rede hídrica, contribuindo também para o desmatamento e à compactação dos solos pelo pisoteio de animais.

Dentre as sub-bacias do complexo, a Olhos d'Água apresenta predomínio no cultivo de pastagens, com 75% da sua área (8,72 km²) dedicada a essa atividade. Apesar de ser uma sub-bacia urbana, o processo de urbanização nesse espaço é lento, havendo grande quantidade de chácaras no local (Quadro 24).

Quadro 24: Distribuição da área de pastagem do complexo de sub-bacias

Sub-bacia	Área da sub-bacia km ²	Pastagem Área km ²	Porcentagem %
Salobra	759,03	210,21	27,69
Cachoeirinha	937,31	268,03	28,60
Taquaral	144,11	55,57	38,56
Piraputanga	167,19	52,62	31,47
Olhos d'Água	8,72	6,54	75,00
Fontes	16,53	6,43	39,08
Sangradouro	27,74	11,68	42,11
Junco		4,35	32,83

	Facão	50,63	33,97
	Jacobina	143,75	33,43

Fonte: Elaborado com base em Ross (1994). Organizado pela autora (2023).

As sub-bacias caracterizadas como rurais apresentam áreas maiores, resultando em espaços mais significativos destinados ao cultivo de pastagens. Como exemplo, pode-se citar a sub-bacia Cachoeirinha, que abrange uma área de 937,31 km², dos quais 268,03 km² são utilizados ao plantio de pastagens. Esse espaço representa a maior área em km² dedicada a esse cultivo no complexo de sub-bacias. Nas demais sub-bacias, a área destinada a pastagens se aproxima ou até ultrapassa as extensões da cobertura vegetal constituída pela formação savânica e campestre.

A fragilidade forte está associada à agricultura de soja e a outros ciclos temporários. Para esse nível de fragilidade, a classe de proteção é baixa, ponderando que o processo que envolve o ciclo de preparo e manejo para o cultivo, expondo o solo a processos erosivos. Além da soja, outras culturas temporárias, como abacaxi, milho, mandioca, banana, cana de açúcar e hortaliças, são desenvolvidas na região. Porém, a área destinada a essas atividades no complexo de sub-bacias é limitada, ocupando apenas 158,61 km² do total. Farias (2019) afirma que essa situação pode estar relacionada ao fato de o solo ser caracterizado como pouco fértil e aos níveis medianos de precipitação. O cultivo da soja também é pouco explorado no complexo de sub-bacias (Quadro 25). Santos (2021) explica que a topografia acidentada e a declividade do relevo dificultam o uso intensivo de maquinários.

Quadro 25: Distribuição da área cultivada por soja e outras lavouras temporárias

Sub-bacia	Área da sub-bacia (km ²)	Soja Área km ²	Outras lavouras temporárias Área km ²
Salobra	759,03	0,02	16,07
Cachoeirinha	937,31	14,64	48,34
Taquaral	144,11	-	8,09
Piraputanga	167,19	-	12,64
Olhos d'Água	8,72	-	0,01
Fontes	16,53	-	0,01

Sangradouro	27,74	-	1,13
Junco	13,25	-	0,08
Facão	149,05	2,58	16,58
Jacobina	429,99	9,43	29,99

Fonte: Elaborado com base em Ross (1994). Organizado pela autora (2023).

O Quadro 25 ilustra a baixa representatividade da soja e de outras lavouras temporárias no complexo de sub-bacias. As sub-bacias que apresentaram os maiores valores em cultivo agrícola estão associadas a programas de assentamentos de comunidades rurais.

A fragilidade muito forte está associada a uma classe de proteção muito baixa, abrangendo 32,48 km² de áreas. É notável que as sub-bacias urbanizadas, apesar de apresentarem menor extensão em seus limites espaciais, apresentam as maiores áreas desmatadas e com solo exposto. Em decorrência do processo de urbanização e da concentração populacional, a vegetação é retirada, e substituída por arruamentos, pontes, terraplanagem, lotes e diversas construções. Durante esse processo, os limites e margens da vegetação ciliar dos cursos hídricos não são respeitados. A inter-relação dos elementos naturais e humanos resulta na formação da paisagem. Assim, à medida que a natureza é explorada e utilizada pela ação antrópica, essa relação se reflete na organização do espaço.

Sílvia (2016) aponta que os principais tipos de degradação recorrentes no meio físico, em consequência das mudanças no uso da terra pela ação antropogênica e apropriação indevida dos recursos naturais, incluem o desmatamento da cobertura vegetal, a erosão dos solos, o assoreamento dos rios e a perda na qualidade dos recursos hídricos (Quadro 26).

Quadro 26: Distribuição da área desmatada com exposição dos solos.

Sub-bacia	Área total da sub-bacia (Área km ²)	Áreas desmatadas e solo exposto não vegetadas (Área km ²)
Salobra	759,03	0,17
Cachoeirinha	937,31	4,92
Taquaral	144,11	0,45
Piraputanga	167,19	0,49

Olhos d'Água	8,72	1,24
Fontes	5,68	
Sangradouro	11,92	
Junco	6,1	
Facão	0,05	
Jacobina	1,46	

Fonte: Elaborado com base em Ross (1994). Organizado pela autora (2023).

3.2 Fragilidade potencial

A fragilidade potencial do complexo de sub-bacias, apresentada na Figura 44, foi obtida por meio da sobreposição dos mapas de fragilidade relacionados à declividade, precipitação e tipos de solo.

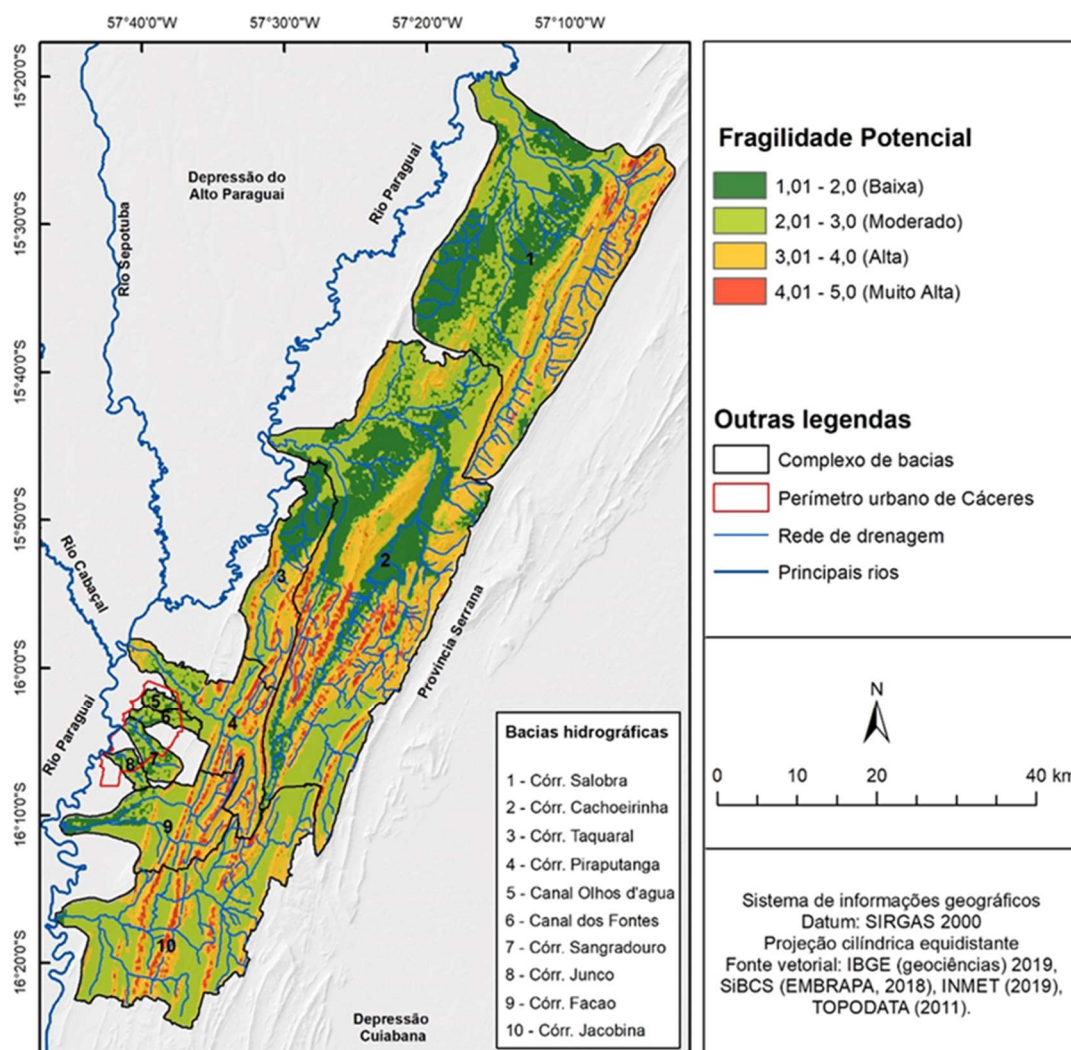


Figura 44: Mapa de fragilidade potencial. **Fonte:** A autora (2023) a partir de dados do IBGE 2018.

Dessa aplicação decorreram quatro classes, sendo baixa, média, alta e muito alta (Quadro 27).

Quadro 27: Classes de fragilidade potencial das sub-bacias.

Salobra		Taquaral	
Fragilidade Potencial	Área km ²	Fragilidade Potencial	Área km ²
Baixa	298,10	Baixa	43,28
Média	228,29	Média	41,01
Alta	227,59	Alta	56,49
Muito Alta	5,05	Muito Alta	3,33
Cachoeirinha		Piraputanga	
Fragilidade Potencial	Área km ²	Fragilidade Potencial	Área km ²
Baixa	330,82	Baixa	16,45
Média	277,48	Média	67,40
Alta	312,54	Alta	77,14
Muito Alta	16,47	Muito Alta	6,20
Olhos d'Água		Fontes	
Fragilidade Potencial	Área km ²	Fragilidade Potencial	Área km ²
Baixa	6,56	Baixa	5,58
Média	2,16	Média	10,91
Alta	—	Alta	0,04
Muito Alta	—	Muito alta	—
Sangradouro		Junco	
Fragilidade Potencial	Área km ²	Fragilidade Potencial	Área km ²
Baixa	7,68	Baixa	9,70
Média	18,46	Média	3,55
Alta	1,6	Alta	—
Muito Alta	—	Muito Alta	—
Facão		Jacobina	
Fragilidade Potencial	Área km ²	Fragilidade Potencial	Área km ²
Baixa	23,29	Baixa	1,89
Média	67,57	Média	287,75

Alta	52,53	Alta	131,09
Muito Alta	5,66	Muito Alta	9,26

Fonte: A autora (2023) a partir de dados do IBGE 2018.

A totalização dos resultados obtidos referente a fragilidade potencial de cada sub-bacia fora demonstrada na Tabela 06.

Tabela 06: Classes de fragilidade potencial do complexo de sub-bacias.

Fragilidade Potencial	Área km ²
Baixa	743,35
Média	1004,58
Alta	859,02
Muito alta	45,97
Total	2,633,48

Fonte: A autora (2023) a partir de dados do IBGE 2018.

É importante ressaltar que os resultados expostos no Quadro 28, sobre a fragilidade potencial, correlacionam-se com as características naturais das sub-bacias. A estrutura geomorfológica, composta pela Província Serrana, Depressão do Alto Paraguai e as Planícies e Pantanaís, configura altitudes desiguais e, conseqüentemente, diferentes classes de fragilidade potencial.

Para a fragilidade potencial alta e muito alta, o fator predominante foi a presença de áreas com declividade, associada à formação de solos frágeis. O relevo declivoso da Província Serrana abrange uma importante área no complexo de sub-bacia, favorecendo resultados expressivos de fragilidade potencial alta. A classe de fragilidade média foi prevalente, com 1.004,58 km², seguida pela fragilidade alta, com 859,02 km². A fragilidade baixa abrange 743,35 km² e, por fim, a classe de fragilidade muito alta que corresponde a 45,97 km².

Ao observar o mapa, as áreas com alto nível de fragilidade potencial estão associadas às regiões com declividade mais acentuada. De maneira oposta, a ausência de fragilidade potencial alta nas sub-bacias Olhos d'Água e Junco, está relacionada à falta de elevações estruturadas na formação da Província Serrana. Ademais, foi observado que a presença da fragilidade potencial nas classes mais

elevadas (alta/muito alta), está não apenas vinculada a declividades acentuadas, mas também relacionada à presença de solos propensos à erosão. A classe de fragilidade potencial alta está correlacionada à presença do Cambissolo Háplico, Neossolo Regolítico e Neossolo Litólico, solos jovens, pouco estruturados e suscetíveis à erosão, principalmente por serem encontrados em áreas de maior declividade.

A geomorfologia da Província Serrana é caracterizada pelas formações elevadas. Essa estrutura de serras e morros promove acentuada instabilidade nos fluxos atmosféricos, resultando em diversas formações de nebulosidade que contribuem para elevados índices pluviométricos e, conseqüentemente, para um alto nível de fragilidade climática. Assim, o escoamento das águas pluviais favorece os processos erosivos nas áreas íngremes das sub-bacias.

Dessa forma, a fragilidade potencial classificada como alta está associada a elevadas fragilidades da declividade, do solo e clima. Por consequência, o uso desses espaços deve ser proibido, uma vez que apresentam fragilidade potencial alta e muito alta. A atenção quanto a essa fragilidade é de extrema relevância, visto que a fragilidade potencial abrange uma área significativa no complexo de sub-bacias da margem esquerda do rio Paraguai, tornando obrigatórias medidas preventivas nesses ambientes.

Estudos realizados por Farias (2019), na sub-bacia do córrego Taquaral, e Tavares (2020), na sub-bacia do córrego Piraputanga, foram identificados trechos de espaços caracterizados por fragilidade potencial alta, utilizados à pecuária bovina. Vale ressaltar que, em ambas as sub-bacias (Taquaral e Piraputanga), a fragilidade potencial alta foi classificada com maior abrangência nessas áreas.

Neste estudo, a classe de fragilidade potencial média abarca uma área significativa, equivalente a 1.004,58 km². Essa classe está associada principalmente à distribuição do relevo com baixos níveis de declividade, representado pela Depressão do Alto Paraguai. Além disso, a fragilidade média dos solos, determinada pela presença do Argissolo Vermelho-Amarelo textura argilosa e Argissolo Vermelho Eutrófico típico textura média, também contribui com nível de fragilidade potencial média nesse ambiente.

Esses solos são propensos à erosão, por conter alto gradiente textural. Porém, o desenvolvimento de práticas agropecuárias pode ser realizado, desde

que o manejo seja apropriado às características do solo, respeitando também as áreas de vegetação ciliar estabelecidas pelas leis ambientais. No entanto, os dados analisados durante esta pesquisa, indicam que, no complexo de sub-bacias, os cursos d'água e as nascentes não estão sendo devidamente preservados. Além da retirada da vegetação ciliar, os córregos são usados para a dessedentação de animais bovinos, sendo comum a prática de represamento das águas, que impede o fluxo hídrico.

A baixa fragilidade potencial predominou em uma área de 743,35 km², ambiente dominado por declividades de até 8%, onde se observam Latossolo Vermelho Distrófico típico textura argilosa, Vertissolo Hidromórfico Típico textura argilosa, Plintossolo Argilúvico Distrófico textura arenosa/média e média/argilosa, Gleissolo Háptico, Neossolo Flúvico e Latossolo Vermelho-Amarelo textura média. Esses solos, quando condicionados a um ambiente de reduzida declividade, são pouco suscetíveis à erosão. O relevo aplainado proporciona um ambiente lântico, cujo escoamento superficial reduz as perdas de solos, evidenciando que, em condições naturais e com manejo adequado, é possível controlar os processos erosivos.

A partir do estudo da fragilidade ambiental potencial, foi possível constatar que a variável *declividade* exerce importante influência tanto nas áreas de alta fragilidade como também nas de baixa fragilidade. Outra situação pontuada por muitos pesquisadores nos estudos sobre a fragilidade potencial, como Filho *et al.* (2021), Martins *et al.*, (2018), Nörnberg (2020) e Farias (2019) é a possibilidade de identificar as áreas apropriadas ao desenvolvimento de práticas agropecuárias. Além disso, enfatiza-se o uso dessa ferramenta como um recurso valioso para auxiliar na tomada de decisões e no planejamento da cobertura da terra.

3.3 Fragilidade emergente

Para o estudo da fragilidade emergente, foram considerados os elementos naturais contidos no mapa de fragilidade potencial (declividade, solo, erosividade da chuva) e acrescentados os aspectos de uso e cobertura do solo. Essa análise representa a fragilidade emergente do ambiente após a interferência antrópica.

A junção do mapa de fragilidade potencial com o uso e cobertura da terra possibilitou o reconhecimento de quatro níveis de fragilidade emergente para o complexo de sub-bacias da margem esquerda do rio Paraguai: baixa, média, alta, muito alta (Figura 45).

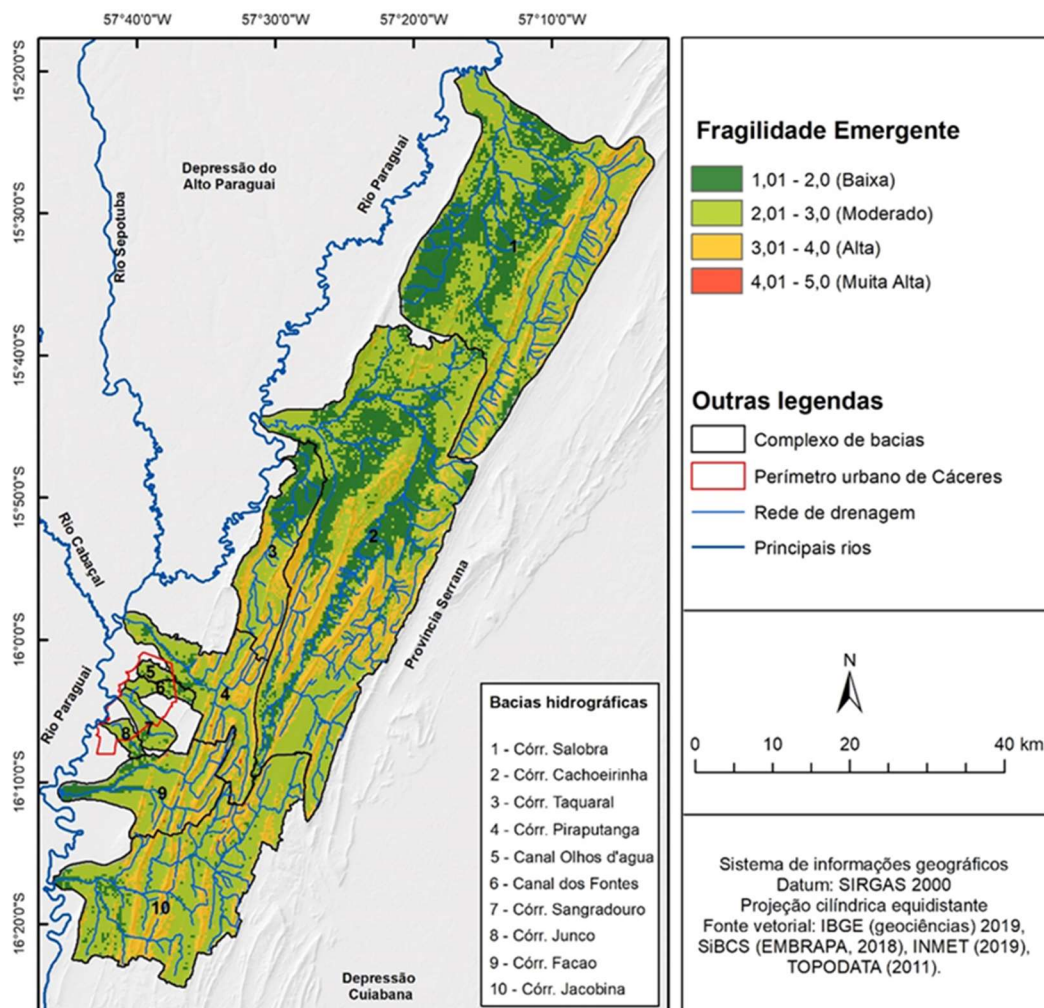


Figura 45: Mapa de fragilidade emergente do complexo de sub-bacias da margem esquerda do rio Paraguai. **Fonte:** A autora (2023) a partir de dados do IBGE 2018.

As informações dos dados fornecidos sobre a fragilidade emergente foram tabuladas e demonstradas no Quadro 28.

Quadro 28: Classes de fragilidade Emergente das sub-bacias da margem esquerda do rio Paraguai.

Salobra		Taquaral	
Fragilidade Emergente	Área km ²	Fragilidade Emergente	Área km ²
Baixa	241,37	Baixa	40,50

Média	394,72	Média	65,54
Alta	104,70	Alta	38,07
Muito Alta	—	Muito Alta	—
Cachoeirinha		Piraputanga	
Baixa	259,37	Baixa	10,18
Média	474,97	Média	53,64
Alta	202,77	Alta	103,07
Muito Alta		Muito Alta	0,3
Olhos d'Água		Fontes	
Baixa	0,84	Baixa	3,31
Média	7,88	Média	13,22
Alta	—	Alta	—
Muito Alta	—	Muito alta	—
Sangradouro		Junco	
Baixa	2,22	Baixa	1,83
Média	24,72	Média	11,42
Alta	0,8	Alta	—
Muito Alta	—	Muito Alta	—
Facão		Jacobina	
Baixa	19,83	Baixa	23,33
Média	85,86	Média	298,10
Alta	43,06	Alta	108,26
Muito Alta	0,3	Muito Alta	0,3

Fonte: A autora (2023) a partir de dados do IBGE 2018.

Assim, a fragilidade média foi predominante nos limites das sub-bacias. A distribuição desses valores apresenta resultados com abrangência de área significativa, mesmo nas sub-bacias menores. A classe de fragilidade emergente baixa foi identificada em ambos os espaços, enquanto a classe alta não foi registrada nas sub-bacias urbanas (Olhos d'Água, Fontes, Junco) e a fragilidade emergente muito alta foi observada apenas no Facão e Jacobina.

Verificou-se que a classe de fragilidade emergente predominante no complexo de sub-bacias é o nível médio, com 1.430,07 km², seguido pelo nível

baixo com 602,78 km². A classificação do nível alto representou 600,73 km², enquanto o nível muito alto, com uma pequena área, atinge 0,90 km² do complexo de sub-bacias (Tabela 07).

Tabela 07: Classes de fragilidade emergente do complexo de sub-bacias

Fragilidade Emerg	Área km ²
Baixa	602,78
Média	1.430,07
Alta	600,73
Muito alta	0,90
Total	2,634,48

Fonte: A autora (2023) a partir de dados do IBGE 2018.

A fragilidade emergente, assim como a fragilidade potencial, também considera a declividade como um fator importante. Contudo, as áreas de declives que apresentam um nível alto de fragilidade potencial podem, no mapeamento de fragilidade emergente, um nível considerado médio, ser classificadas como de fragilidade média, devido à presença de cobertura vegetal nesses locais.

Para a análise da fragilidade emergente, é importante considerar a retirada ou a proteção da vegetação. Desse modo, a cobertura vegetal se torna um ótimo indicador para a definição das áreas mais ou menos instáveis.

Nos resultados encontrados por Martins *et al.* (2018), ao pesquisarem a fragilidade potencial e emergente na bacia do rio Peruaçu, região norte de Minas Gerais, indicadores de fragilidade potencial baixo, alto e muito alto. Na mesma bacia, a análise emergente revelou uma diminuição de áreas com fragilidade muito baixa e baixa, além do surgimento de uma área com fragilidade média. Esse resultado se assemelha com o do presente estudo, visto que a área de fragilidade emergente com nível médio aumentou no complexo de sub-bacias, passando de 1.004,58 km² para 1.430,07 km² em comparação à fragilidade potencial.

A cobertura vegetal na área de declividade, ou seja, nos morros e serras da Província Serrana, é considerada uma forma de proteção que influenciou na diminuição da fragilidade alta e no aumento do nível de fragilidade média, na classificação emergente. O fato dessas áreas declivosas estarem cobertas por vegetação, faz o nível de fragilidade, que seria classificado como de alto, passe

a ser médio. Ao comparar os dados obtidos nos quadros 28 (potencialidade) e 29 (emergente), é possível observar essa mudança nos níveis de fragilidade alta e média em ambas as sub-bacias, com exceção à sub-bacia do córrego Piraputanga.

A sub-bacia Piraputanga apresenta uma área de 167,19 km², dos quais 103,07 km² (61,65%) correspondem à fragilidade alta e 53,64 km² (32,08%) são classificados como fragilidade média. Esse resultado é atribuído a uma combinação de fatores, dentre os quais se destaca o uso do solo por pastagens em área com fragilidade da declividade forte (20% a 45%), maior incidência pluviométrica e a presença de solo classificados como fragilidade muito forte (Neossolo Litólico). Além disso, o Argissolo Vermelho-amarelo, que apresenta média fragilidade, deve ser manejado corretamente para evitar impactos (Figura 46).

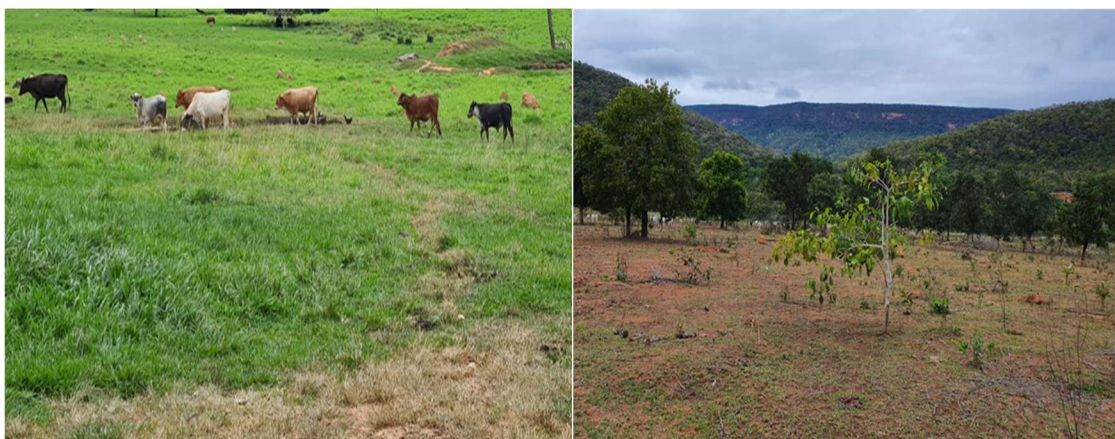


Figura 46: Criação de bovinos na sub-bacia Piraputanga. **Fonte:** Raymundi (2023). Uso do espaço pela atividade da pecuária bovina.

Outra situação é a cobertura vegetal da formação savânica e/ou campestre, que estabelecem naturalmente fragilidade. Santos (2021) explica que essas formações são mais frágeis por serem constituídas de árvores menores e espaçadas, juntamente com gramíneas, podendo deixar o solo exposto. O autor pontua que essa situação se relaciona a uma fragilidade natural, apresentando processos erosivos inferiores quando comparados ao cultivo em áreas de declividade.

Como consequência, as áreas com nível de fragilidade ambiental alto são imensamente propensas a impactos ambientais, em que o uso e a ocupação atuais colaboram para a perda do equilíbrio dinâmico. Na sub-bacia Piraputanga,

também ocorrem diversas práticas de lazer e turismo ecológico, viabilizadas pela beleza natural da região. A degradação desse ambiente, resultante da alta fragilidade, deve ser evidenciada, e é essencial promover ações voltadas à preservação do ambiental e à promoção de uma relação harmônica do homem com a natureza.

Vale ressaltar que as sub-bacias têm como principal atividade econômica o desenvolvimento da atividade da pecuária bovina. O uso do solo por pastagens em áreas planas e com solo de média fragilidade é classificado no mapeamento emergente com nível médio, contribuindo para o resultado predominante de fragilidade média emergente nas demais sub-bacias.

A baixa fragilidade foi a segunda classe com maior abrangência no complexo, com representação de 602,78 km². Essas áreas são formadas por locais com menor declividade, caracterizados por um relevo plano e suavemente ondulado, e apresentam solos considerados de baixa vulnerabilidade.

Essa condição foi observada nas sub-bacias Salobra, Cachoeirinha e Taquaral visto que as áreas com menor declive, ocupadas por solos da classe Latossolo Vermelho e Latossolo Vermelho Amarelo. As formas de uso são especialmente a pecuária bovina e o cultivo de pastagens, que, nessas condições, atuam como proteção para o solo. Essa combinação de fatores resulta em nível de fragilidade baixo, o que abranda os impactos decorrentes das atividades realizadas nessas áreas.

As sub-bacias Facão e Jacobina não apresentaram resultados satisfatórios quanto à predominância de áreas com fragilidade emergente baixa, uma vez que a maior parte do espaço é caracterizada por alta fragilidade (Quadro 29). Nessas sub-bacias, ocorre a existência do Argissolo Vermelho Amarelo, considerado de média fragilidade, em locais com declividade suave e ondulada. Essa declividade contribui para uma predisposição à erosão, associada a uma cobertura frágil quanto ao grau de proteção.

Nota-se que as condições naturais relacionadas à altitude e aos solos identificados no norte do complexo de sub-bacias diferem das observadas na região sul. Ao norte, predomina a estrutura geomorfológica da Depressão do Alto Paraguai, reconhecida pela presença de um relevo suave ondulado, além de solos mais estruturados. Ao sul, prevalece o conjunto de Serras e morros da

Província Serrana, caracterizado por declividades acentuadas e solos mais frágeis.

Como consequência, as sub-bacias Jacobina, Facão, Piraputanga, Olhos d'Água, Fontes, Sangradouro, Junco e as regiões sul do Taquaral e Cachoeirinha, localizadas ao sul do complexo, apresentaram áreas reduzidas com níveis de fragilidade emergente baixa. Em contrapartida, ao norte do complexo, as sub-bacias Salobra, norte do Taquaral e Cachoeirinha apresentam maiores áreas de fragilidade emergente baixa.

O alto curso dessas sub-bacias representa áreas menos urbanizadas, situadas em relevo plano suave ondulado, com a formação do solo Latossolo Vermelho-Amarelo, caracterizado por sua fraca fragilidade. O uso e cobertura do solo nessas áreas são voltados ao cultivo de pastagens e à criação de bovinos. O médio e baixo curso caracteriza-se pela ocupação urbana. Devido às condições de um ambiente urbanizado, muitos espaços foram desmatados e estão com solos expostos, contribuindo para a escassez de áreas de baixa fragilidade emergente. As sub-bacias Olhos d'Água, Fontes, Sangradouro e Junco não foram classificadas com fragilidade alta e muito alta (Quadro 29).

A abrangência correspondente ao nível de fragilidade alta no complexo de sub-bacias é bem próxima da fragilidade baixa, totalizando 600,73 km². A classe alta representa a terceira maior cobertura de fragilidade emergente no complexo, correspondendo a uma área significativa das sub-bacias no alto curso.

As áreas com declividade forte ondulada estão associadas a solos de baixa fragilidade, como o Neossolo Litólico e Argissolo Vermelho e Vermelho Amarelo que, apesar de apresentarem média fragilidade, tornam-se instáveis e propensos à erosão, em locais mais íngremes. Nessas áreas, a cobertura vegetal predominante é a formação savânica, que não oferece eficiente cobertura do solo, capaz de coibir com mais precisão os processos erosivos.

A fragilidade emergente muito alta ocupa apenas 0,30 km² da área das sub-bacias Piraputanga, Facão e Jacobina, totalizando no complexo 0,90 km² dessa classe de fragilidade no complexo. São fragmentos isolados envolvendo uma declividade forte escarpada superior a 75%, com fragmentos rochosos. A influência dessas condições ambientais se deve ao fato de que, por serem de difícil acesso são pouco exploradas pelas atividades antropogênicas.

De maneira geral, quase toda a área do complexo de sub-bacias foi considerada em um estado relativamente bom de fragilidade emergente. Nas classes identificadas, predomina baixa e média, totalizando 2.032,85 km², enquanto 601,63 km² estão classificados como fragilidade alta e muito alta.

A fragilidade (baixa e média) é influenciada pelos atributos do uso da terra e cobertura vegetal (pastagem). Essa condição de uso é favorecida por uma conjuntura em que os solos Latossolo Vermelho-Amarelo e Vermelho apresentam baixa vulnerabilidade, e o relevo é plano e suave ondulado. Nesse cenário, o uso da terra torna-se viável, pois as atividades são realizadas com maior segurança ambiental.

De acordo com Vieira *et al.*, (2021), essas características remetem a uma maior atenção ao planejamento do uso e da ocupação, bem como ao manejo de forma não planejada e racional, que favorecem a difusão de eventos que causam danos aos recursos naturais. Diante desse contexto, é notável que, no complexo de sub-bacias, a pecuária de bovinos é uma atividade relevante, porém realizada de forma inadequada. Foi identificado que muitos criadores não seguem um planejamento apropriado, visto que as áreas de vegetação ciliar não estão sendo respeitadas e as criações têm acesso aos córregos, contribuindo para o aumento da descarga sólida, o assoreamento de nascentes e dos cursos hídricos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo teve como enfoque a análise da fragilidade ambiental no complexo de sub-bacias da margem esquerda do Alto Paraguai, por meio do mapeamento da fragilidade potencial e emergente. Para examinar a fragilidade, a cartografia possibilitou caracterizar a área de estudo, reunindo informações relativas aos aspectos da declividade do relevo, solos, precipitação, uso e cobertura do solo.

Os destaques para a fragilidade potencial foram os níveis médio (1.004,58 km²) e alto (859,02 km²). A declividade e os tipos de solos foram fundamentais para estabelecer a fragilidade potencial. O nível médio dessa fragilidade relaciona-se à distribuição do relevo representada pela Depressão do Alto Paraguai, com níveis de declividade de 20% e aos tipos de solos Argissolo Vermelho-Amarelo e Vermelho. A classe de fragilidade alta é influenciada pela

presença do Cambissolo Háplico, Neossolo Regolítico e Neossolo Litólico, que são solos jovens, pouco estruturados e suscetíveis à erosão, em áreas de maior declividade na Província Serrana.

Na fragilidade emergente, destacam-se os níveis médio (1.430,07 km²) e baixo (602,78 km²). Para essa classe, foram ponderadas a influência do relevo pela declividade, solos, formas de uso e cobertura vegetal, que inclui as pastagens. A cobertura vegetal na área de declividade é considerada uma proteção e influenciou no aumento do nível de fragilidade média na classificação emergente. A baixa fragilidade é composta por locais com menor declividade, caracterizados por um relevo plano e suavemente ondulado, com presença de solos considerados de baixa vulnerabilidade.

A disposição da fragilidade ambiental do complexo de sub-bacias aponta as áreas mais propensas à erosão e às consideradas favoráveis ao uso de atividades econômicas. Os níveis de fragilidade ambiental alto, identificados nas elevações da Província Serrana, são suscetíveis a impactos ambientais, em que o uso e a ocupação contribuem para os processos erosivos e a perda do equilíbrio dinâmico.

As áreas aplainadas da Depressão do Alto Paraguai e das Planícies do Pantanal no complexo de sub-bacias são menos suscetíveis à erosão, resultando em um nível de fragilidade baixo. Essa condição natural, associada a um manejo adequado, atenua os impactos decorrentes do uso realizado nessas áreas. Assim, os resultados desta pesquisa podem ser utilizados como ferramenta no planejamento de políticas públicas de orientação ambiental, visando a ações pautadas na sustentabilidade da área das sub-bacias.

Nesse sentido, é importante destacar que o manejo realizado de forma inadequada pode ocasionar danos ao equilíbrio ambiental, comprometendo a qualidade de vida das comunidades locais e da dinâmica natural que envolve a rede hídrica, elevando a descarga de sedimentos até o rio Paraguai.

5. REFERÊNCIAS

ABRÃO, C. M. R.; BACANI, V. M. Diagnóstico da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do Rio Santo Antônio, MS: subsídio ao zoneamento ambiental. **Boletim Goiano De Geografia**, Goiânia v.38, n. 3, p. 619–645, set./dez. 2018. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/bgg/article/view/56362/26880> Acesso em: 28 de out. 2023.

ALVES, W. S.; MARTINS, A. P.; SANTOS, A. K. F.; MOURA, D. M. B. Análise da Fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do Ribeirão Douradinho, sudoeste de Goiás. **Geoambiente on-line, Revista eletrônica do curso de Geografia UFG/REJ**. Jataí -GO n. 29, p. 164-183 jul-dez 2017. Disponível em: <https://revistas.ufj.edu.br/geoambiente/article/view/47726> Acesso em: 27 de out. 2023.

ARAÚJO, R. C. **Estudo da erodibilidade de solos da formação Barreiras RJ**. 2000. 169 f. Dissertação (Mestrado). Departamento de engenharia civil da pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ. 2000. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Rodrigo-Araujo-2/publication/333489837_ESTUDO_DA_ERODIBILIDADE_DE_SOLOS_DA_FORMACAO_BARREIRAS_-_RJ/links/5cf06bf5299bf1fb184b9837/ESTUDO-DA-ERODIBILIDADE-DE-SOLOS-D-A-FORMACAO-BARREIRAS-RJ.pdf. Acesso em: 28 de out. de 2023.

BARROS, A. BACANI, V. M.; BORGES, T. A. Análise da Fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do córrego Guanandy, Aquidauana-MS. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros**, Seção Três Lagoas, n. 26, p. 18-33, novembro 2017; Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/RevAGB/article/view/5284/4002>. Acesso em: 23 de out. 2023.

BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília: Casa Civil, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso em: 13 fev. 2023.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N. Estudo temporal e espacialização mensal e anual das chuvas na parte brasileira da bacia do Rio Paraguai. **RiGeo-Repositório Institucional de Geociências – CPRM**, 2012. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/1094/1/Evento_Estudo_Marcuzzo.pdf . Acesso em: 28 de out. de 2023.

CARVALHO, N. O. Fundamentos da hidrossedimentologia. In: CARVALHO, N. de O. **Hidrossedimentologia prática**. 2. ed., Rio de Janeiro, RJ: Interciência, 2008.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. de; FILHO, P. H.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001. <http://www.dsr.inpe.br/laf/sap/artigos/CrepaneEtAl.pdf>. Acesso em: 23 de out. de 2023

DONHA, A. G. SOUZA, L. C. P.; SUGAMOSTO, M. L. Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão de SIG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB v.10, n.1, p.175-181, mar. 2006. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/RGGxMhT3T9LpKq7J9zxyZVz/?format=pdf&lang=pt> . Acesso em: 28 de out. 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed., Rio de Janeiro, RJ: EMBRAPA, 2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/338818> Acesso em: 28 de out. de 2023

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, **Serviço de Produção de Informação, Relevo**. 2009. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/territorios/territorio-mata-sul-pernambucana/caracteristicas-do-territorio/recursos-naturais/relevo> . Acesso em: 28 de out. de 2023.

EMBRAPA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA –. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2018. 356 p. Disponível em: <https://www.agroapi.cnptia.embrapa.br/portal/assets/docs/SiBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf>. Acesso em: 29 de out. de 2023.

FARIAS, A. B. **Morfometria, aporte de sedimentos e fragilidades ambientais na Sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral, Cáceres -Mato Grosso**. 2019, 140f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Faculdade de Ciências Humanas, Universidade do Estado do Mato Grosso, Cáceres, MT 2019.

FILHO, B. C.; BHERING, S. B.; CALDERANO, S. B.; JUNIOR, W. C.; PEREIRA, N.R.; CHAGAS, C. S. Potencial, atributos, e variáveis condicionantes da fragilidade das terras de uma microbacia na serra dos órgãos, estado do Rio de Janeiro. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v.4, n.4, p. 5792-5805 out./dez. 2021. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1137255> .Acesso em: 03 de jul. de 2023.

GIMENES, F. B., AUGUSTO FILHO, O. Mapas de fragilidade ambiental utilizando o processo de análise hierárquica (AHP) e sistema de informação geográfica (SIG). In. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, v. 16, 2013. São José dos Campos: INPE, **Anais** 13 a 18 de abril de 2013, p.6564-6571; Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0326.pdf> Acesso em 03 julho 2023

GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C.; SANTOS, M. C. B.; MENDES, S. H. G. S. Caracterização das chuvas no Pantanal Mato-grossense. **Anais** 7º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Jardim, MS, 20 a 24 de outubro 2018 Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 555-562;

LIRA, K. C. S. FRANCISCO, H. R. F.; FEIDEN, A. Classificação de fragilidade ambiental em bacia hidrográfica usando lógica Fuzzy e método AHP. **Sociedade e natureza**. Uberlândia, MG, v. 34, p. 1-17, fev. 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/WfwdNkZLH5jLShDmMFZhfvf/?lang=pt&format=pdf> . Acesso em 28 de out.de 2023.

LOMBARDE NETO, F. MOLDENHAUER. W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as pedras de solo em Campinas (SP). **Bragantia** Campinas. v 52, n.2: p. 189-196, 1992. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/JVzbSngjnsnGX3mFhQyXQNG/abstract/?lang=pt> Acesso em: 26 de out. de 2023.

MARCUZZO, F. F. N.; FARIA, T. G.; CARDOSO, M. R. D.; MELO, D. C. R.; Chuvas no Pantanal brasileiro: análise histórica e tendência futura. *In*. 3º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Cáceres, MT, 16-20 de outubro 2010. **Anais...** Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2010 p. 170 -180. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/1059/1/Evento_tendencia_Marcuzzo.pdf f Acesso em: 28 de out. de 2023.

MARINHO, E. C. S.; FILHO, J. F.; BARACHO, D. C.; SANTOS, T. S. A.; COSTA, S. A. Análise de índices de vegetação da diferença normalizada (NDVI), na bacia hidrográfica de São João do Cariri- PB. *In*: XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. **Anais** – 18-21 de julho de 2011, SESC Centro de Turismo Guarapari-ES, 2011 p. 1-5.

MARTINS, R. N.; COLARES, A. P. F.; ALMEIDA S. L. H.; ZANELLA, M. A.; NERY C. V. M. Fragilidade potencial e emergente na bacia do rio Peruacu, região norte de Minas Gerais. **Revista brasileira de Geomática**, Curitiba, v.6, n.2, p. 99-118 abr/jun. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/325665201_Fragilidade_potencial_e_emergente_na_bacia_do_rio_Peruacu_regiao_norte_de_Minas_Gerais/fulltext/5b1e5768aca272021cf60836/Fragilidade-potencial-e-emergente-na-bacia-do-rio-Peruacu-regiao-norte-de-Minas-Gerais.pdf . Acesso em: 28 de out. de 2023.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MORAIS, I. C.; CORREA, E. A.; CONCEIÇÃO, F. T. Análise da fragilidade ambiental utilizando técnicas em SIG: Estudo de caso da bacia hidrográfica do córrego do Desemboque, Pirassununga-SP- Brasil. *In*. VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia, III Encontro Latino-Americano de Geomorfologia, I Encontro Ibero-Americano de Geomorfologia e I Encontro Ibero-Americano do Quaternário. Recife 2010 **Anais...** Recife 2010 p.1-17. Disponível em: <http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/8/10/9.pdf>. Acesso em: 26 de out. de 2023.

NETO, M. B. O. NASCIMENTO, A. F.; MARQUES, F. A.; AMARAL, A. J.; HERNANI, L. C.; CUNHA, T. J. F. Contribuição ao estudo de solos frágeis na Região Semiárida – Petrolina, PE. *In*. CASTRO, S. S.; HERNANI, L. C. **Solos frágeis, caracterização, manejo e sustentabilidade**. Brasília DF: Embrapa, 2015. 111-113. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1043264/1/pdf3..pdf>. Acesso em: 29 de out. de 2023.

NÖRNBERG, S. O.; REHBEIN, M. O. Avaliação da fragilidade ambiental no município de Pelotas/RS. **Geosul**, Florianópolis, v. 35, n. 76, p. 210-231, set./dez. 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/70050/44388>. Acesso em: 29 de out. de 2023.

PADILHA, D. G. **Geoprocessamento aplicado na caracterização da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do arroio grande, RS**. Orientador: Dr. Pedro Roberto de Azambuja Madruga. 2008, 87 f. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-graduação em Geomática, área de concentração em sistema de informações geográficas, da Universidade Federal de Santa Maria, RS. 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/9509/DAMARISGONCALVESPADILHA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 28 de out. de 2023.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 8, n. 1, p. 3-12, 1994. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.7154/RDG.1994.0008.0006>. Acesso em 28 de out. 2023.

ROSS, J. L. Análises e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 9, p. 65-75, 1995. Disponível em: <https://revistas.usp.br/rdg/article/view/53692/57655>. Acesso em: 28 de out. de 2023.

ROSS, J. L. S. Landforms and environmental planning: potentialities and fragilities. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, volume especial de 30 Anos, p. 38-51, 2012. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/53841/57804>. Acesso em: 28 de out. de 2023.

SANTOS, M. S. **As características morfoestruturais e o uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha, Mato Grosso**. 2021. 280 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) –Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Estado de Mato Grosso, Cáceres/MT, 2021.

SEPLAN, Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral. Zoneamento Socioeconômico-ecológico: diagnóstico socioeconômico-ecológico do estado do Mato Grosso e assistência técnica na formulação da 2ª aproximação: **Relatório consolidado de clima para o estado de Mato Grosso**. Cuiabá, MT. Maio, 2000. Disponível em: <https://metadados.geo.mt.gov.br/geonetwork/srv/api/records/e8207fbd-a235-4efc-b9a1-fb5ce41f42b8/attachments/DSEE-CL-RT-002.pdf>. Acesso em: 23 de out. de 2023.

SILVA, R. C. da. **Estudo da dinâmica da fragilidade ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, RS**. 2016. 307f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal da Bahia. Instituto de Geociências. Salvador, 2016.

Disponível em:

[file:///C:/Users/veron/Downloads/Tese_BACIA%20RIO%20GRAVATA%C3%8D_Rafael%20Cruz%20da%20Silva_UFBA_Revis%C3%A3o%20Final%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/veron/Downloads/Tese_BACIA%20RIO%20GRAVATA%C3%8D_Rafael%20Cruz%20da%20Silva_UFBA_Revis%C3%A3o%20Final%20(1).pdf).

Acesso em: 29 de out. de 2023.

SOUSA, J. B.; PIERANGELI, M. A. P.; SERAFIM, M. E.; SOUZA, C. A. Atributos morfológicos, físicos e químicos de solos e processos erosivos nas margens do rio Paraguai, Pantanal Superior, Mato Grosso. *Bol. Geogr.*, Maringá, v. 33, n. 1 p. 109-122, jan.-abr. 2015. Disponível em:

https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/22580/pdf_49

Acesso em: 23/08/2024.

SPÖRL, C. **Metodologia para elaboração de modelos de fragilidade ambiental utilizando redes neurais**. 2007. 113f Tese (Doutorado) Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo 2007. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-10102007-145640/publico/TESE_CHRISTIANE_SPORL_PARTE_I.pdf Acesso em 28 de out. 2003.

TAVARES, C. **Bacia do Córrego Piraputanga, Cáceres-Mato Grosso: Qualidade da água, aspectos físicos do solo e a capacidade de uso da terra**. 152f. Dissertação (mestrado em Geografia), Faculdade de Ciências Humanas. Universidade do Estado do Mato Grosso, Cáceres MT, 2020.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria técnica, SUPREN, 1977. Disponível em:

https://docs.ufpr.br/~edugeo/GB082/Bibliografia/Tricart_Ecodinamica.pdf.

Acesso em: 23 de out. de 2023.

TOLEDO, J. S.; DE MARIA, I.C.; DECHEN, S.C.F. Impacto de chuvas intensas na erosão hídrica em solo com tratamento de lodo de esgoto. **Anais** do 6º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC agosto de 2012- 13 a 15 de agosto, Jaguariúna SP, p. 1-10. Disponível em:

https://www.cnpma.embrapa.br/eventos/2012/ciic/cd_anais/Artigos/RE12132.pdf f. Acesso em: 23 de out. de 2023.

VALLE, I. C.; FRANCELINO, M. R.; PINHEIRO, H. S. K. Mapeamento da Fragilidade Ambiental na Bacia do Rio Aldeia Velha, RJ. **Floresta e Ambiente**. v. 23, n. 2 p.295-308, 2016. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/loram/a/CLKFqFSkdjXRDgvZ6VmdPBj/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 28/09/2023.

VIEIRA, R. S.; Ferreira, E. P.; ROLIM NETO, F. C., OLIVEIRA, E. M., BRAGA, S. E., 2021. Fragilidade ambiental emergente da bacia hidrográfica do rio Santa Maria do Doce – ES, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.14, n. 3, p. 1253- 1267, abr. 2021. Disponível em:

[file:///C:/Users/veron/Downloads/Fragilidade_ambiental_emergente_da_bacia_hidrograf%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/veron/Downloads/Fragilidade_ambiental_emergente_da_bacia_hidrograf%20(1).pdf). Acesso em: 29 de outubro de 2023.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Rainfall energy and its relationships to soil loss. **AGU**, v. 39, n. 2, p. 285- 291, 1958. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1029/TR039i002p00285>
Acesso em: 23 de out. 2023.