



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



ANTONIA BRITO FARIAS

**MORFOMETRIA, APORTE DE SEDIMENTOS E FRAGILIDADE
AMBIENTAL NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO
TAQUARAL, CÁCERES – MATO GROSSO**

**Cáceres-MT
2019**



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



ANTONIA BRITO FARIAS

**MORFOMETRIA, APORTE DE SEDIMENTOS E FRAGILIDADE
AMBIENTAL NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO
TAQUARAL, CÁCERES – MATO GROSSO**

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

Orientadora: Profa. Dra. Célia Alves de Souza

Cáceres-MT
2019

Luiz Kenji Umeno Alencar CRB 1/2037

F224m FARIAS, Antonia Brito.
Morfometria, Aporte de Sedimentos e Fragilidade Ambiental na Sub-Bacia Hidrográfica do Córrego Taquaral, Cáceres-Mato Grosso / Antonia Brito Farias - Cáceres, 2019.
140f.; 30 cm. (ilustrações) Il. color. (sim)

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

Orientador: Célia Alves de Souza

1. Bacia Hidrográfica. 2. Córrego Taquaral. 3. Aporte de Sedimentos. 4. Fragilidade Ambiental. I. Antonia Brito Farias. II. Morfometria, Aporte de Sedimentos e Fragilidade Ambiental na Sub-Bacia Hidrográfica do Córrego Taquaral, Cáceres-Mato Grosso: .

CDU 556.51(817.2):551.3.051

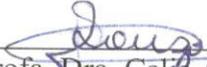
ANTONIA BRITO FARIAS

MORFOMETRIA, APORTE DE SEDIMENTOS E FRAGILIDADE AMBIENTAL NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO TAQUARAL, CÁCERES-MT.

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

Cáceres, 23 de agosto de 2019.

Banca examinadora



Prof. Dra. Celia Alves de Souza
Orientadora

Universidade do Estado de Mato Grosso (Unemat)



Prof. Dr. Alfredo Zenén Domínguez González
Avaliador Interno

Universidade do Estado de Mato Grosso (Unemat)



Prof. Dr. Juberto Babilônia de Sousa
Avaliador Interno

Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT)



Prof. Dra. Quesia Duarte da Silva
Avaliadora Externa

Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

**CÁCERES – MT
2019**

Dedicatória

Dedico essa dissertação primeiramente à Deus por ter me guiado e permitido concluir essa importante etapa da minha vida e formação profissional. À minha mãe Maria das Chagas Brito que sempre me apoiou e ensinou a enfrentar cada obstáculo da vida. Ao meu pai João de Jesus Farias que sempre me incentivou e ensinou a ser uma pessoa melhor e buscar uma boa qualidade de vida.

Ao meu padrinho Raimundo do Livramento Vasconcelos e minha madrinha Maria Rita Cunha, que sempre me incentivaram nos meus estudos e foram muito importantes nesta caminhada. Aos meus irmãos Fabio Brito Farias e Daiane Brito Farias pelo apoio e incentivo em todos os momentos. Ao meu sobrinho Murilo Farias de Souza que é um presente enviado por Deus que me permitiu partilhar momentos únicos e intensos nessa caminhada.

Agradecimentos

Agradeço especialmente a minha orientadora Celia Alves de Souza que foi essencial na construção dessa dissertação, agradeço o acolhimento, paciência e ensinamentos que me passou durante o período do mestrado.

Agradeço a professora Leila Nalis Paiva da Silva Andrade que me incentivou e foi muito importante no período de seleção do mestrado.

Agradeço aos meus amigos do Laboratório de Pesquisa em Geomorfologia Fluvial (LAPEGEOF), pelo acolhimento, ensinamentos e incentivo no decorrer da pesquisa. Agradeço em especial a Cristiane da Silva Lima, pelo o apoio nos momentos mais difíceis, por me incentivar a continuar e concluir a pesquisa e pelo suporte nos trabalhos de campo e laboratório. Ao Sebastião dos Santos Júnior, pela amizade e pelo suporte nos trabalhos de campo e laboratório. Ao Vinicius Neves da Silva, pelo suporte nos trabalhos de campo.

Agradeço ao Thales Ernildo de Lima, pela amizade e suporte na construção de toda base cartográfica dessa dissertação.

Agradeço à Luana Rodrigues de Carvalho, pela amizade, companheirismo e suporte no trabalho de campo e laboratório.

Agradeço ao meu amigo e colega de mestrado Ronilson Araújo pelo suporte oferecido em minha chegada a cidade de Cáceres, sendo muito importante nessa caminhada.

Agradeço a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UNEMAT e aos professores externos pelos ensinamentos e contribuição que as disciplinas proporcionaram na construção dessa dissertação. Aos meus colegas de mestrado.

Agradeço aos professores da banca: Alfredo Zenén Domínguez González, Quesia Duarte da Silva e Juberto Babilônia de Sousa pelas contribuições propostas para a melhoria do trabalho.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa, permitindo a dedicação exclusiva à construção da pesquisa.

A todos mencionados acima o meu Muito Obrigada!

Sumário

Dedicatória	v
Agradecimentos	vi
Sumário	vii
Lista de abreviaturas, siglas e símbolos	ix
Lista de tabelas	x
Lista de quadros	xi
Lista de figuras	xii
Resumo	xiv
Abstract	xv

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO	16
--------------------	----

CAPÍTULO II

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1 Espaço Geográfico e Paisagem: abordagem teórico-metodológica	20
2.2. Bacia hidrográfica: análise morfométrica e dinâmica fluvial	24
2.2.1 Análise Morfométrica de Bacias Hidrográficas	27
2.2.2 Dinâmica fluvial	30
2.3 Fragilidade Ambiental	34

CAPÍTULO III

3 MATERIAIS E MÉTODOS	36
3.1 Área de Estudo	36
3.1.1 Caracterização Climática	38
3.1.2 Embasamento Geológico	39
3.1.2.1 Formação Araras	40
3.1.2.2 Formação Raizama	42
3.1.2.3 Formação Sepotuba	42
3.1.2.4 Formação Pantanal	43
3.1.2.5 Aluviões Atuais	44
3.1.3 Geomorfologia	45
3.1.3.1 Província Serrana	45
3.1.3.2 Depressão do Rio Paraguai	47
3.1.3.3 Planície do Rio Paraguai	48
3.1.4 Pedologia	48
3.1.4.1 Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	50
3.1.4.2 Cambissolo Háplico Tb Eutrófico	50
3.1.4.3 Neossolos Litólicos Eutróficos	51
3.1.4.4 Gleissolo Háplico Eutrófico	52
3.1.5 Caracterização da Cobertura Vegetal e do Uso Antrópico	53
3.1.5.1 Savana Arborizada	53
3.1.5.2 Savana Florestada	54
3.1.5.3 Formação Savânica Associada a Vertentes	55

3.1.5.4 Floresta Aluvial.....	55
3.2 Procedimentos metodológicos	56
3.2.1 Trabalho de Gabinete	56
3.2.1.1 Confecção das Bases Cartográficas.....	56
3.2.1.2 Parâmetros Morfométricos	57
3.2.1.2.1 Hierarquia Fluvial	60
3.2.1.3 Procedimentos para mapeamento da Fragilidade Ambiental da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral	60
3.2.2 Atividade de Campo	65
3.2.2.1 Variáveis hidrodinâmicas	66
3.2.2.2 Coleta de sedimentos (fundo e suspensão)	66
3.2.3 Atividade de Laboratório	66
3.2.3.1 Método de Evaporação	67
3.2.3.2 Análise da composição granulométrica.....	67
3.2.3.2.1 Método da pipeta (Dispersão total)	67
3.2.3.2.2 Método de Peneiramento	68
3.2.3.3 Cálculo de vazão	69
3.2.3.4 Cálculo da Descarga sólida suspensa.....	70
CAPÍTULO IV	
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	71
4.1 Características morfométricas, variáveis hidrodinâmicas na sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral	71
4.2 Variáveis Hidrodinâmicas	78
4.2.1 Seção I – Áreas de Nascentes	80
4.2.2 Seção II – Açude	83
4.2.3 Seção III.....	85
4.2.4 Seção IV	87
4.2.5 Seção V	89
4.2.6 Seção VI	91
4.2.7 Seção VII	93
4.2.8 Seção VIII	96
4.2.9 Seção IX – Baía Redonda (Foz da bacia).....	98
4.3 Fragilidade ambiental da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral	102
4.3.1 Variáveis utilizadas na construção das cartas de Fragilidade Ambiental	102
4.3.1.1 Declividade média	102
4.3.1.2 Solos	108
4.3.1.3 Dados Pluviométricos.....	111
4.3.1.4 Uso e Cobertura da terra	114
4.3.2 Fragilidade ambiental da sub-bacia hidrográfica do córrego do Taquaral ..	119
4.3.2.1 Fragilidade Ambiental Potencial	119
4.3.2.2 Fragilidade Ambiental Emergente	122
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	127
6 REFERÊNCIAS	129

Lista de abreviaturas, siglas e símbolos

APP	Área de Preservação Permanente
Cssi	Concentração de sedimento em suspensão da vertical
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LAPEGEOF	Laboratório de Pesquisa e Estudos em Geomorfologia Fluvial
NaOH	Hidróxido de Sódio
Qss	Descarga sólida em suspensão
RADAMBRASIL	Projeto Radar da Amazônia
SEPLAN	Secretaria de Estado de Planejamento
SIG	Sistema de Informações Geográficas

Lista de tabelas

Tabela 01	Parâmetros morfológicos e morfométricos da sub-bacia do córrego Taquaral	71
Tabela 02	Resultados das análises granulométricas dos sedimentos, concentração de sólidos suspenso e descarga sólida em suspensão	82
Tabela 03	Níveis de fragilidade potencial na sub-bacia do córrego Taquaral	119
Tabela 04	Níveis de fragilidade emergente da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral	123

Lista de quadros

Quadro 01	Coordenadas geográficas das seções de coleta de dados	36
Quadro 02	Coluna estratigráfica da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral	39
Quadro 03	Parâmetros morfométricos que foram utilizados no estudo	57
Quadro 04	Categorias hierárquicas das Classes de Declividade	62
Quadro 05	Classes de Fragilidade dos solos	63
Quadro 06	Graus de proteção do solo em função dos tipos de Cobertura Vegetal	63
Quadro 07	Níveis hierárquicos dos comportamentos pluviométricos	64
Quadro 08	Uso e cobertura vegetal na área da Sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral	115
Quadro 09	Síntese da distribuição do grau de fragilidade na área da sub-bacia em estudo	126

Lista de figuras

Figura 01	Localização da Área de Estudo	37
Figura 02	Formações Geológicas da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral	41
Figura 03	Unidades geomorfológicas da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral	46
Figura 04	Tipos de solos que estão inseridos na sub-bacia do córrego Taquaral	49
Figura 05	Esquema de elaboração dos mapas de fragilidade ambiental potencial e emergente	65
Figura 06	Coleta de sedimentos de fundo com a draga de Vanveen	66
Figura 07	Equipamentos utilizados nas análises das amostras de sedimentos	69
Figura 08	Hierarquia hídrica da sub-bacia do córrego Taquaral	74
Figura 09	Mapa de localização das seções de coleta	79
Figura 10	Seção I no período de cheia	81
Figura 11	Seção I no período de estiagem	81
Figura 12	Ponto de coleta de dados	84
Figura 13	Barramento para a construção do açude	84
Figura 14	Acesso dos animais ao canal principal	85
Figura 15	Ponto de coleta de dados da seção	86
Figura 16	Cerca que divide a seção	86
Figura 17	Ponto de coleta de dados da seção	88
Figura 18	Aterro no canal principal para a construção de ponte na rodovia MT-343	88
Figura 19	Ponto de coleta de dados	89
Figura 20	Formas de uso identificadas na seção	90
Figura 21	Processos de erosão e assoreamento na margem esquerda do canal	90
Figura 22	Ponto da coleta de dados no período de estiagem	92
Figura 23	Formas de uso identificadas na seção	92
Figura 24	Processo de terraplanagem para construção de um segmento da rodovia MT-343	93
Figura 25	Bovinos no canal principal	93
Figura 26	Ponto de coleta de dados na seção	94
Figura 27	Área a montante onde havia predomínio de sedimentos mais grosseiros	95
Figura 28	Ponte de madeira acima da seção analisada	96
Figura 29	Ponto de coleta de dados na seção VIII no período de estiagem	97
Figura 30	Estrada onde está situada a seção de coleta de dados	98
Figura 31	Foz da sub-bacia no período de cheia	99
Figura 32	Foz da sub-bacia no período de estiagem	100
Figura 33	Atividades antrópicas próximas à foz da sub-bacia	101
Figura 34	Pegadas deixadas pelos animais na planície de inundação próximo ao leito do canal principal da sub-bacia	102
Figura 35	Relevo com níveis de declividade entre 0 a 8% no lado esquerdo da sub-bacia do córrego Taquaral	103
Figura 36	Relevo com níveis de declividade entre 0 a 8% do lado direito da sub-bacia em estudo	104
Figura 37	Classes de declividades entre 8 a 20% na sub-bacia do córrego Taquaral	105
Figura 38	Relevos com declividade de 8 a 20% na sub-bacia do córrego Taquaral	106

Figura 39	Mapa das classes de declividade presentes na sub-bacia do córrego Taquaral	107
Figura 40	Classes de relevo com declividade entre 45 a $\geq 75\%$	108
Figura 41	Cupinzeiros encontrados no médio curso da sub-bacia do córrego Taquaral	109
Figura 42	Processos erosivos na seção V no córrego Taquaral	110
Figura 43	Erosão hídrica nas duas margens do córrego Taquaral na seção III	111
Figura 44	Distribuição da precipitação anual na sub-bacia do córrego Taquaral	113
Figura 45	Áreas de pastagens identificadas ao longo da sub-bacia do córrego Taquaral	116
Figura 46	Culturas temporárias encontradas na área da sub-bacia do córrego Taquaral	116
Figura 47	Uso e cobertura da terra da sub-bacia do córrego Taquaral	118
Figura 48	Solos expostos e compactados por terraplanagem na sub-bacia em estudo	119
Figura 49	Mapa de fragilidade potencial da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral	121
Figura 50	Fragilidade emergente da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral	124

Resumo

O presente estudo foi realizado na sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral, afluente da margem esquerda do rio Paraguai. A pesquisa objetivou analisar as características ambientais e morfométricas, verificando o aporte de sedimentos e a fragilidade ambiental na sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral, situada no município de Cáceres-MT. Para isso, foram efetuados levantamentos bibliográficos, para embasamento teórico sobre o tema e realizou-se, também, a caracterização ambiental da sub-bacia, através dos relatórios do projeto RADAMBRASIL e da base de dados da SEPLAN, além de serem feitos trabalhos de campo para a coleta de amostras (água e sedimentos de fundo), em nove seções distribuídas no alto, médio e baixo cursos da sub-bacia. As amostras coletadas foram submetidas a análises granulométricas e de carga suspensa. Para obter a morfometria da sub-bacia foram utilizados parâmetros morfométricos. O mapeamento de fragilidade ambiental foi realizado através dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs). Os resultados obtidos por meio da análise morfométrica, mostram que a sub-bacia é classificada como de 3ª ordem e possui um formato mais retangular e alongado, com baixa densidade de drenagem. O relevo possui declividade média de 22,50%, sendo caracterizado como forte ondulado. A sub-bacia tem capacidade de transportar predominantemente sedimentos de granulometria fina. O resultado da fragilidade potencial apontou que as classes de fragilidade que predominam são a média e a forte, indicando o relevo como o principal influenciador das fragilidades naturais aos processos erosivos dentro da área da sub-bacia. Na fragilidade emergente, foi agregado ao cruzamento de dados, as informações referentes ao uso e cobertura vegetal, assim, o resultado da fragilidade emergente, apresentou como classes de fragilidade predominantes, a média e a fraca, estes resultados estão relacionados, principalmente, com as formas de uso e cobertura vegetal e pelas características do relevo e solos desses ambientes. Portanto, o estudo é de caráter relevante no fortalecimento de publicações sobre o sistema fluvial da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral, servindo como apoio para futuros projetos de recuperação e gerenciamento da sub-bacia.

Palavras-chave: Sub-bacia hidrográfica, córrego Taquaral, aporte de sedimentos, fragilidade ambiental.

Abstract

The present study was carried out in the Taquaral stream sub-basin, a tributary of the left bank of the Paraguay River. The research aimed to analyze the environmental and morphometric characteristics, verifying the sediment input and the environmental fragility in the Taquaral stream sub-basin, located in Cáceres-MT. For this, bibliographical surveys were carried out, for theoretical basis on the subject and also, the environmental characterization of the sub-basin, through the reports of the RADAMBRASIL project and the SEPLAN database, in addition to fieldwork. For sampling (water and bottom sediments) in nine sections distributed in the upper, middle and lower sub-basin courses. The collected samples were submitted to particle size analysis and suspended load. To obtain the sub-basin morphometry, morphometric parameters were used. The mapping of environmental fragility was performed through Geographic Information Systems (GIS). The results obtained through morphometric analysis show that the sub-basin is classified as 3rd order and has a more rectangular and elongated shape with low drainage density. The relief has an average slope of 22.50%, being characterized as strong undulating. The sub-basin is capable of transporting predominantly fine-grained sediment. The result of potential fragility pointed out that the predominant fragility classes are medium and strong, indicating relief as the main influencer of natural fragilities to erosive processes within the sub-basin area. In the emerging fragility, the data related to the use and vegetation cover were added to the crossing of the data. Thus, the result of the emerging fragility presented as predominant fragility classes, the average and the weak, these results are mainly related to the land use and vegetation cover and the relief and soil characteristics of these environments. Therefore, the study is relevant in strengthening publications on the Taquaral Stream sub-basin river system, serving as support for future sub-basin management and recovery projects.

Keywords: Hydrographic basin, Taquaral stream, sediment supply, environmental fragility.

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

O estudo em questão, foi desenvolvido na sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral, afluente da margem esquerda do rio Paraguai, localizada entre o conjunto de serras que compõem a Província Serrana, no município de Cáceres-MT. A área da sub-bacia é ocupada por pequenas e médias propriedades e pelas comunidades Taquaral e Guanandí.

Através desse estudo, foi possível obter informações importantes referentes à disponibilidade de água, ao aporte de sedimentos e a fragilidade ambiental da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral, tendo em vista que a localidade possui uma carência de estudos que abarcam essa perspectiva.

O processo de uso/ocupação da terra na área de estudo, iniciou-se a partir do século XVIII, e, desde então, a sub-bacia passou por mudanças socioambientais. Esse processo também tem contribuído com alterações significativas no regime fluvial do córrego Taquaral. Portanto, a compreensão de como o uso/ocupação está influenciando na disponibilidade de água e aporte de sedimentos, se fez necessária, uma vez que a cobertura foi parcialmente retirada.

Outro ponto importante dessa pesquisa foi a geração de dados, visto que através dessas informações, identificaram-se os pontos mais frágeis e os processos erosivos dentro da área da sub-bacia. Como não há estudos referentes à sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral, nosso estudo se configura de maneira relevante, pois contribuiu e certamente contribuirá à obtenção de informações relacionadas às características geoambientais e ao regime fluvial da sub-bacia, bem como servirá, por exemplo, como subsídio a possíveis projetos de recuperação e preservação da área.

A bacia hidrográfica é caracterizada como um conjunto de terras drenadas por um determinado corpo d'água principal e seus afluentes; a bacia representa uma unidade apropriada para a realização de estudos quantitativos e qualitativos dos recursos d'água e dos fluxos de sedimentos e nutrientes (PIRES *et al.*, 2002).

A bacia do Alto Paraguai é considerada uma das mais importantes do Brasil, seus afluentes atravessam uma vasta área de planície, sendo uma grande bacia de recepção água e sedimentos, por possuir forma de anfiteatro. O rio Paraguai e seus afluentes,

ocupam uma grande extensão territorial, sendo um dos principais contribuintes da manutenção do pantanal mato-grossense (SOUZA, 2004).

O córrego Taquaral, é uma área de importância cultural para o município de Cáceres-MT, por fazer parte do contexto histórico de formação territorial da cidade. Em relação às suas características físicas, é possível observar que a sub-bacia possui duas realidades hídricas, uma vinculada à disponibilidade e a outra à qualidade da água. Vale destacar, que o manejo inadequado do solo é um dos fatores determinantes na qualidade da água de um corpo d'água (XAVIER; SOUZA, 2016).

Para tanto, as modificações nos ambientes fluviais podem influenciar de forma negativa na dinâmica da paisagem. Assim, os processos erosivos alteram a carga sedimentar transportada pelos rios, gerando muitos problemas na bacia. A elevada concentração de sedimentos nos canais compromete o uso da água e, além disso, projetos de barragens e captações de água são diretamente influenciadas pelo aumento da carga sedimentar (GRIZIO-ORITA; COSTA, 2013).

Os sedimentos produzidos pelos processos de erosão podem ser transportados por saltação, suspensão e rolamento. Posteriormente, esses sedimentos poderão ser depositados no decorrer do percurso, na medida em que o fluxo do canal for variando. O processo de sedimentação é um processo natural da dinâmica das bacias hidrográficas, porém, uma vez acelerado, pode acarretar em vários problemas ambientais, por exemplo, na rede hidrográfica (YANG; RANDLE; HSU, 1998).

Através dos elementos fisiográficos de uma bacia, também é possível estabelecer a fragilidade ambiental. Dessa forma, é importante salientar que através da análise da fragilidade ambiental de uma bacia hidrográfica é possível avaliar as potencialidades do meio ambiente em que ela está inserida de forma integrada, conciliando seus aspectos naturais e suas restrições. Vale frisar que o mapeamento de fragilidade ambiental é uma importante ferramenta na elaboração de planejamento territorial ambiental (KAWAKUBO *et al.*, 2005).

A análise da fragilidade ambiental permite a identificação dos ambientes naturais e suas fragilidades potenciais e emergentes proporcionando a definição de diretrizes e ações a serem implementadas nesse espaço. Além disso, o mapeamento de fragilidades ambientais classifica os ambientes a partir de seus diferentes níveis de fragilidade, apontando as áreas onde os graus de fragilidade são menores e aquelas onde são mais

frágeis, onde são exigidas ações tecnicamente mais adequadas a essas condições (SPÖRL, 2001).

Alguns autores, ao longo dos anos, vêm realizando estudos e pesquisas no âmbito da Geomorfologia Fluvial. Entre eles, destacam-se: Andrade e Souza (2009), que analisaram a batimetria e transporte de sedimentos na bacia hidrográfica do córrego das Pitas; Justiniano (2010), a dinâmica fluvial do rio Paraguai entre a foz do rio Sepotuba e a foz do rio Cabaçal; Négrel e Rigollet (2011), com estudos sobre a dinâmica da água, desde a erosão até a sedimentação; Sangle e Yannawar (2015), que analisaram a morfométrica da bacia hidrográfica da subdrenagem do rio Godavari em Marathwada, região de Ambad, utilizando sensoriamento remoto; Vieira *et al.* (2018), que realizaram a análise multitemporal do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Alto Rio Jardim, Planaltina-DF; Oliveira *et al.* (2013), que realizaram estudos sobre a fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Córrego Bom Jardim, Brasilândia-MS, dentre outros.

Contudo, nossa pesquisa teve como objetivo maior, analisar as características ambientais e morfométricas, verificando o aporte de sedimentos e a fragilidade ambiental na sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral, situada no município de Cáceres-MT.

Tendo como objetivos específicos: identificar os elementos ambientais (ocorrência geologia, as classes de solos, unidades de relevo, clima, distribuição da vegetação) que compõem a bacia hidrográfica; realizar a caracterização dos aspectos morfométricos; avaliar a capacidade de transporte de sedimentos (fundo e suspensão) ao longo do perfil longitudinal; elaborar o mapa de fragilidade ambiental da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral, com a finalidade de apontar os pontos mais frágeis da sub-bacia à processos erosivos.

A pesquisa encontra-se estruturada em quatro capítulos, sendo que o primeiro é o capítulo introdutório, o segundo refere-se à abordagem teórica dos assuntos relevantes que serviram como base à estruturação dessa pesquisa, quais sejam: espaço geográfico, paisagem, bacia hidrográfica, dinâmica fluvial, análise morfométrica, bem como a fragilidade ambiental.

Já no terceiro capítulo, o mesmo refere-se aos materiais e métodos adotados, iniciando com a apresentação de informações sobre a área de estudo com a caracterização dos componentes geoambientais: (clima, geomorfologia, geologia, pedologia, uso e cobertura vegetal) e num segundo momento, mostrou-se os procedimentos metodológicos utilizados no desenvolvimento da pesquisa, à qual se divide em: pesquisas bibliográficas

sobre as temáticas abordadas; confecção das bases cartográficas; cálculos de vazão e descarga sólida suspensa; cálculo dos parâmetros morfométricos; trabalho de campo e laboratório; bem como, mapeamento da fragilidade ambiental da sub-bacia. E, por último, o quarto capítulo, que apresenta os resultados obtidos na pesquisa, sendo estruturado nos seguintes tópicos: características morfométricas, variáveis hidrodinâmicas e fragilidade ambiental na sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral.

CAPÍTULO II

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são apresentados os conceitos e discussões sobre a abordagem teórica da pesquisa, tendo como tópicos: os conceitos de espaço geográfico e paisagem, as definições de bacia hidrográfica, dinâmica fluvial, características morfométricas e os conceitos de fragilidade ambiental, bem como a sua importância nos estudos de bacias hidrográficas.

2.1 Espaço Geográfico e Paisagem: abordagem teórico-metodológica

A Geografia enquanto ciência, possui cinco conceitos-chave, que apresentam e sintetizam a sua objetivação, sendo eles: espaço geográfico, paisagem, região, território e lugar. Esses conceitos são objetos de amplo debate, tanto interna como externamente à Geografia, cada um com características distintas (CORRÊA, 2010). Neste item, a princípio, será abordado o conceito de espaço geográfico e, posteriormente, o de paisagem.

Segundo Suertegaray (2001), no processo de construção do conceito de espaço geográfico, a Geografia considerará quatro categorias: a natureza, a sociedade, o tempo e o espaço, sendo que, a categoria natureza é caracterizada como um conjunto de elementos responsáveis na formação do planeta Terra, ou seja, ela englobará a água, os solos, o relevo, o ar, a fauna e também, a flora (SUERTEGARAY, 2001).

Nesse sentido, o espaço geográfico é capaz de interligar as ciências naturais e sociais, isso porque a geografia realiza a conjunção do natural e o humano, assim, o conceito de espaço geográfico expressa uma articulação entre Natureza e Sociedade, o que o tornou principal objeto de estudo das duas ciências (SUERTEGARAY, 2003).

Na perspectiva de Santos (1988), o espaço geográfico é visto como um conjunto de objetos e de relações que se realizam através do tempo. Os objetos são de fundamental importância na concretização das relações sociais e naturais. Assim, o autor conclui que o espaço geográfico é resultado da ação dos homens sobre o próprio espaço, intermediados pelos objetos, naturais e artificiais, ou seja, o espaço geográfico consiste em um conjunto indissociável de sistemas de objetos e de ações.

Nesse contexto, Corrêa (1993), corrobora com o pensamento ideológico de Santos (1988), ao afirmar que o espaço geográfico nada mais é do que a superfície da Terra vista enquanto morada do homem e diferenciada através de processos naturais. O autor ressalta ainda, que sem o homem, o espaço sequer poderia ser pensado como tal, pois é através da ação humana que o espaço se organiza e reorganiza no decorrer do espaço-tempo.

Ribas *et al.* (1999), acrescenta ainda, que o espaço geográfico é um palco onde acontecem e são armazenadas as ações que o transformam. Essas ações são compostas pela tríade “homem x natureza x sociedade” que são responsáveis por reconfigurá-lo no decorrer do tempo, construindo assim, sua história.

A partir da discussão acima, é possível entender que da mesma forma que o homem é capaz de alterar o meio em que está inserido, o meio também tem a capacidade de interferir nas ações antrópicas, estabelecendo dessa forma, a relação entre sociedade e natureza. Assim, a natureza é compreendida em duas instâncias, sendo que a primeira natureza é o espaço físico não alterado pelas mãos humanas e a segunda natureza é entendida como aquela que sofre transformações através da ação humana, ou seja, se constitui em um espaço social (POLON, 2016).

Nessa perspectiva, as bacias hidrográficas são vistas como a representação fiel das características ambientais do espaço geográfico em que ela está inserida, sendo capazes de demarcar e espacializar a compreensão acerca dos elementos que compõem este sistema. Dessa forma, a bacia hidrográfica assume grande importância na representação e no estudo de um determinado espaço geográfico, contribuindo na percepção das relações sociedade-natureza (SANTANA FILHO; LIMA; PINTO, 2005).

Partindo dessa concepção, Costa (2014), complementa afirmando, que a sociedade não é passiva diante à natureza, mas necessita da mesma como morada. Dessa maneira, temos o espaço geográfico, que não é apenas palco e/ou cenário, e sim, elemento componente de uma dimensão onde existem: a natureza, as pessoas, as culturas, a economia, a história e a política (COSTA, 2014).

Contudo, Suertegaray (2003), conclui que o espaço geográfico pode ser considerado dinâmico, onde o mesmo é entendido através dos conceitos de paisagem, território, lugar e ambiente, pois cada um desses está inserido um no outro e formam o espaço geográfico. Assim, cada um desses conceitos é apto a representar uma fração do espaço geográfico:

o econômico/cultural (na paisagem), o político (no território), a existência objetiva e subjetiva (no lugar) e a transfiguração da natureza (no ambiente) (SUERTEGARAY, 2003).

Nesse segmento, os primeiros conceitos de paisagem, surgiram a partir do século XV, nos países baixos como "*landskip*", porém o debate se tornou mais intenso durante o século XIX, quando ela foi introduzida no rol de conceitos utilizados pela Geografia pelos alemães Humboldt, Ritter e La Blache (CLAVAL, 2004; PISSINATI; ARCHELA, 2009).

No século XVIII, Humboldt fazia referência ao conceito de paisagem como paisagem natural, pois, demonstrava interesse nos elementos físicos da natureza (clima, fisionomia, vegetação etc.). No fim do século XIX, Ratzel acrescenta ao conceito de paisagem, sua linha de pensamento sobre as relações casuais existentes na natureza, ainda no século XIX, La Blache adiciona ao conceito de paisagem a parcela de participação da ação humana em sua construção (HARTSHORNE, 1946).

Após a Segunda Guerra Mundial, os debates sobre o conceito de paisagem se expandem para outras partes do mundo como: países da Europa Ocidental e Oriental, Austrália, África do Sul e Canadá, sendo incorporados mais alguns elementos, principalmente, os que envolvem a ação do homem sobre a paisagem (BASTIAN; SCHREIBER, 1999).

Ao longo da história, a noção de paisagem foi construída teórico-metodológica(mente), baseada em três pontos de vista fundamentais: o conceito de Geoecologia de paisagens como conjugação das categorias analíticas geográficas; A Teoria dos Geossistemas e a noção de Sistema Geoecológico da Paisagem (RODRIGUEZ; SILVA, 2013).

Na Teoria Geral dos Sistemas, proposta pelo austríaco Ludwig Von Bertalanffy, em 1930, os estudos da paisagem são desenvolvidos sob a ótica sistêmica e dinâmica entre os elementos da natureza. (MACIEL; LIMA, 2011). Dessa forma, a teoria geral do sistema surge como uma filosofia baseada na premissa de que a única forma de se estudar uma determinada porção da paisagem é considerando-a um "sistema", visto que as análises dos sistemas compreenderão todas as variáveis que a área analisada apresentar reciprocamente (BERTALANFFY, 1968).

Portanto, Tricart (1977), contribui com a teoria geral dos sistemas ao definir o sistema como "um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia".

Ou seja, essa concepção se torna pertinente por ser de caráter dinâmico e fornecer os conhecimentos necessários ao estudo do meio natural.

Baseados na teoria geral dos sistemas de Bertalanffy, o soviético Victor Sochava e o francês Georges Bertrand, surgem com os primeiros conceitos de “Geossistema”. Essa teoria surge como uma nova ferramenta metodológica, principalmente para os geógrafos físicos, propiciando assim, a construção de novos rumos teórico-metodológicos à Geografia (GUERRA; SOUZA; LUSTOSA, 2012).

Sochava (2015, p. 235), então, define o geossistema como: “um espaço terrestre com todas as dimensões, onde os seus componentes estão em uma relação sistêmica entre si, e com uma certa integridade eles interagem com o cosmos e com a sociedade”. A abordagem sistêmica era vista pelo autor, como um novo método de pesquisa para o geógrafo físico, pois ela permitia formular investigações e determinar conteúdos às ciências geográficas parciais (SOCHAVA, 2015).

Troppmair e Galina (2006), complementam a discussão afirmando que a partir das interrelações e da dinâmica dos elementos que determinam o geossistema é, que serão formadas as feições da paisagem, assim ela passa a ser vista como um sistema integrado e uma unidade real. Os autores salientam ainda, que a partir dessa noção, a paisagem pode ser considerada a fisionomia do geossistema.

Seguindo essa ótica, Bertrand (2004), define a paisagem como uma determinada porção do espaço, que resulta da combinação dinâmica dos elementos físicos, biológicos e antrópicos, e a interação entre esses elementos contribuem em sua construção e torna a paisagem um conjunto único e indissociável, em constante evolução.

Dessa forma, a paisagem passa a ser vista como um conjunto de elementos com formas naturais e culturais associadas a uma determinada localidade, a mesma pode ser analisada morfologicamente, a partir das interações de suas formas e qualidades orgânicas, tendo como variável fundamental, o tempo. Assim, a paisagem cultural resultará das ações culturais desenvolvidas ao longo do tempo sobre a paisagem natural (CORRÊA; ROSENDAHL, 2004).

Nessa perspectiva, é possível relacionar a noção de paisagem com a concepção de herança. Uma vez que, a paisagem é construída a partir de um conjunto de elementos, que em determinado momento retratarão heranças dos processos físicos e biológicos em

consolidação com os aspectos sociais que foram herdados no decorrer do tempo como palco à formação de suas comunidades e culturas (AB'SABER, 2003).

Na concepção dos geógrafos físicos, a categoria paisagem servirá como base para estudos. Dessa forma, é importante ressaltar que a paisagem possui morfologias distintas, resultado das forças abióticas (erosão, transporte, clima e deposição), e de forças bióticas. Nesse sentido, o homem é visto como um dos responsáveis pela morfologia da paisagem, visto que ele atua remodelando a paisagem a partir de suas atividades exploratórias e de ocupação (DEFFONTAINES, 1973; TAROLLI; SOFIA, 2016).

Contudo, os estudos da paisagem ainda exigem um enfoque maior, onde se deve realizar uma avaliação dos elementos, a escala e a temporalidade que a integram, dando enfoque aos aspectos ambientais e suas fisionomias. Enfim, trata-se então, da apresentação do objeto em seu contexto geográfico e histórico, levando em conta a configuração social e os processos naturais e humanos (SMITH, 1988; SCHIER, 2003).

Em última análise, pode-se observar, que o conceito de paisagem está diretamente interligado ao de espaço, tornando-os inseparáveis. O espaço resulta do casamento entre a sociedade e a paisagem. A paisagem, por sua vez, é a tradução do espaço, através de seu estudo é possível compreender a forma como o espaço se organiza. Dessa forma, o espaço e a paisagem formam um par dialético, pois ao mesmo tempo em que se complementam, eles se opõem (RICHARD, 1975; SANTOS, 1988).

2.2. Bacia hidrográfica: análise morfométrica e dinâmica fluvial

O aumento do consumo de água ocasionado pelas atividades humanas tem se revertido em alguns problemas ambientais. As diversas formas de uso da água, somado ao crescimento populacional e urbano e as demandas industriais e agrícolas, têm ocasionado forte pressão sobre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos (TUNDISI; TUNDISI, 2011).

Os rios, em definição, são considerados um corpo de água extenso, confinado em um canal, considerado assim, o principal curso de água do sistema de drenagem. As margens desses ambientes têm se tornado, no decorrer dos anos, o local preferido para ocupação humana, sendo que, as águas dos rios são utilizadas como fontes

socioeconômicas. Porém, as atividades antrópicas veem contribuindo de forma significativa nas alterações da dinâmica fluvial desses canais (CUNHA, 2008).

Segundo Botelho e Silva (2007) a bacia hidrográfica, desde o fim da década de 1960, é reconhecida como uma unidade espacial na Geografia Física. Os autores ressaltam ainda que esse sistema permite, através de estudos, conhecer e avaliar os elementos e processos que ocorrem nela e na paisagem ao seu redor, por isso é considerada célula básica nas análises.

Um sistema é caracterizado como uma coleção de objetos e os processos que são responsáveis na vinculação desses objetos. Os sistemas fluviais são constituídos por objetos como encostas, rede de canais e planícies de inundação. Esses objetos são interligados pelos processos que movem as águas e os sedimentos entre eles. O sistema fluvial é composto por hierarquias, dessa forma, ele possui subsistemas que também operam dentro dele (CHARLTON, 2007).

Diante do exposto, a bacia hidrográfica é considerada um sistema aberto, definida como uma área drenada por um determinado canal e seus afluentes. Porém, os níveis de água que atingem esses canais dependem dos níveis de precipitação e das perdas devidas à evapotranspiração e à infiltração (CHRISTOFOLETTI, 1980; SILVEIRA, 2001).

Assim, a bacia hidrográfica tem seus limites definidos pelo escoamento superficial, sendo resultado da interação da água com outros recursos naturais como por exemplo: material de origem, topografia, vegetação e clima. Assim, todos os cursos d'água são resultantes da contribuição de determinada área topográfica onde está localizada a bacia (BRIGANTE; ESPÍNDOLA, 2003).

Dessa maneira, conclui-se que a bacia hidrográfica é formada por nascentes, divisores d'água, canais principais, afluentes e subafluentes, caracterizando-a como uma compartimentação geográfica natural delimitada a partir de divisores de água (GUERRA; GUERRA, 2008).

Os afluentes ou subafluentes são definidos através das ordens hierárquicas dentro de uma malha hídrica. Assim como as bacias hidrográficas, cada sub-bacia ou microbacia, pode ser dividida em compartimentos fisiográficos, tendo como bases a variabilidade do seu relevo (inclinação, morfologia, dissecação) e sua posição na paisagem (BRIERLEY; FRYIRS, 2005).

Portanto, é importante estudar todos os elementos que compõem uma bacia hidrográfica, para compreender o seu funcionamento, estrutura e a sua organização. As análises separadas dos processos que ocorrem nas vertentes e nos canais fluviais não são suficientes para compreender como funciona uma bacia hidrográfica, por isso se faz necessário um estudo mais aprofundado de toda sua dinâmica, características físicas e seu uso e ocupação (MATTOS; PEREZ FILHO, 2004).

Vale frisar, que os impactos provenientes das ações antrópicas em ambientes de bacias hidrográficas, tem sido uma grande preocupação em relação ao aceleração dos processos naturais desses locais, bem como a qualidade e a quantidade. Muitos estudos apontam que a ocupação desordenada nas áreas de bacias hidrográficas tem contribuído com a diminuição da vazão dos sistemas fluviais (LIMA; CANDEIAS; CUNHA, 2017).

Quando ocorrem alterações na cobertura vegetal de um ambiente de bacia, ocorrem impactos diretos no ciclo hidrológico, pois a sua capacidade de infiltração e acumulação natural nas zonas de alteração, nos aquíferos e sua capacidade de alimentar plantas, animais e os homens são reduzidos; há também o aumento dos riscos de erosão pluvial, causadas pelas modificações na pedogênese desse ambiente (ALMEIDA; CUNHA; NASCIMENTO, 2012).

Souza (2004), ressalta que normalmente a vegetação contribui na manutenção da estabilidade das margens e na retenção de sedimentos, porém, em alguns casos, a vegetação e o enraizamento podem propiciar a erosão e a perda de sedimentos nas margens. Na bacia do córrego Taquaral é possível identificar essa ocorrência em algumas seções do médio curso.

O processo de fragmentação florestal, é definido como uma área de vegetação natural que pode ser interrompida por barreiras de causa antrópica ou natural, resultando em paisagens com pouca diversidade de habitats e com menores dimensões florestais (ABDALLA; CRUZ, 2015).

Assim, nas bacias hidrográficas, a fragmentação florestal contribui com a diminuição de sua qualidade ambiental, que podem intensificar os processos erosivos e causar a perda de qualidade da água, que por sua vez, é ocasionada, principalmente, pela falta de cobertura vegetal adequada (ANDRADE *et al.*, 2012; AZEVEDO; GOMES; MORAES, 2016).

O processo de uso e ocupação do solo em áreas de bacias causam muitas consequências ao ambiente, como por exemplo: o carregamento de grandes quantidades

de solo, matéria orgânica e insumos de produtos agrícolas para o leito dos canais, principalmente no período chuvoso, contribuindo dessa forma, com o aumento da concentração de resíduos sólidos e nutrientes nas águas. Outra consequência desse processo é o assoreamento, que modifica a qualidade da água, a fauna e a flora, e ainda, provoca o decréscimo da velocidade da água, resultando na redução da disponibilidade hídrica da bacia (VANZELA; HERNANDEZ; FRANCO, 2010).

Xian e Crane (2005), ressaltam, que as mudanças relacionadas ao uso da terra agrícola e a urbanização acelerada, resultam no crescimento da área superficial impermeável, que aumenta o carreamento e acumulação de poluentes no decorrer do escoamento superficial para os leitos dos rios.

Quilbé *et al.* (2008), destacam, que o uso do solo à prática de atividades agrícolas e ocupação urbana em áreas de bacias, podem causar problemas no balanço hídrico do local, bem como, deixar os cursos de água mais suscetíveis, por exemplo, aos poluentes utilizados no manejo agrícola. Tais atividades também contribuem no aumento da descarga e do fluxo de água em várias intensidades na bacia.

Vale frisar que todos os sistemas possuem suas dinâmicas naturais e estão sempre em evolução, a interação desses sistemas com o meio em que está localizado poderá defini-los, como também pode provocar um desequilíbrio natural nos mesmos. Portanto, é preciso compreendê-los para que possam ocorrer exercícios de preservação, recuperação de sua qualidade ambiental e assegurar as condições de vida nesses ambientes (SANTOS; MARTINS, 2016).

2.2.1 Análise Morfométrica de Bacias Hidrográficas

Para se compreender as proporções e a dinâmica de uma bacia hidrográfica, deve-se levar em consideração sua estrutura hidrológica, pois os processos hídricos são constituídos pela interação de vários elementos. Por esse motivo, surge a necessidade da utilização de métodos quantitativos para esse tipo de pesquisa, onde se investigam as interações entre os processos físicos sob a ótica quantitativa por meio do método de análise morfométrica (STIPP; CAMPOS; CAVIGLIONE, 2010).

A análise morfométrica é um dos primeiros procedimentos realizados nas análises hidrológicas, e tem como objetivo, esclarecer os vários questionamentos relacionados com a concepção da dinâmica ambiental local e regional (TEODORO *et al.*, 2007).

Os dados obtidos através dos estudos morfométricos de uma bacia hidrográfica, podem colaborar na identificação dos riscos hidrológicos, como por exemplo, deslizamentos de terra e inundações. O conjunto de dados inclui nove variáveis morfométricas que apresentam fórmulas, com base na combinação dos dados primários de cada variável (SHEN *et al.*, 2017).

A caracterização morfométrica (área, perímetro, densidade de drenagem, declividade, altitude) de uma bacia hidrográfica, fornece instrumentos para estudar e qualificar seus componentes hidrológicos (evolução do canal, transporte de sedimentos e vazão) (CRUZ, 2015).

Nesse contexto a análise morfométrica contribui para uma melhor compreensão da hidrologia, da sedimentação e da evolução da paisagem na área da bacia. Os estudos morfométricos englobam os aspectos lineares, geométricos, de alívio e areal das redes de drenagem (BHARADWAJ *et al.*, 2014).

A hierarquia fluvial é o ponto de partida para o início das análises morfométricas de bacias e estabelece a classificação dos canais que compõem um conjunto total de uma bacia hidrográfica. Esta hierarquização é realizada com a função de facilitar e tornar mais objetivo os estudos morfométricos sobre as bacias hidrográficas (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A análise linear compreende os índices e relações em função da rede hidrográfica, cujas medições são efetuadas ao longo das linhas de escoamento. A análise linear abrangerá os seguintes parâmetros: comprimento do rio principal, extensão do percurso superficial, gradiente de canais, índice de sinuosidade, comprimento médio dos rios, etc. Na análise areal das bacias hidrográficas, estão englobados vários índices nos quais intervêm as medições planimétricas, além de medições lineares. Nesse item serão englobados os seguintes aspectos: área da bacia, densidade de drenagem (Dd), densidade de rios (Dr), índice de capacidade, etc (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A densidade de drenagem é a medida do comprimento total do segmento de fluxo de todas as ordens do canal por unidade de área e indicará o intervalo de espaçamento entre esses canais. A resistência à intempérie, permeabilidade da formação rochosa,

vegetação, é um dos fatores determinantes desse parâmetro. Em geral, o baixo valor de Dd é característico de regiões subjacentes a materiais altamente permeáveis e com cobertura vegetativa (MESHRAM; SHARMA, 2015).

A densidade de rios ou hidrográfica é a relação existente entre o número de rios ou cursos de água e a área total da bacia hidrográfica. Esse parâmetro indica a capacidade da bacia hidrográfica em gerar novos cursos de água, levando em consideração as características geológicas, climáticas e pedológicas da área (FREITAS, 1952).

A hipsometria estuda as correlações existentes em uma unidade horizontal de espaço e sua distribuição em relação às faixas altitudinais, ou seja, compreenderá a distribuição altimétrica da bacia. Nessa análise são considerados os seguintes fatores: amplitude altimétrica máxima da bacia, declividade, índice de rugosidade, curva hipsométrica e textura topográfica (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Os dados obtidos através da análise hipsométrica, quando associados a estimativas de escoamento superficial da água, podem ser utilizados para identificar as áreas de maior produção de sedimentos e no estudo das perspectivas de assoreamento de reservatórios superficiais de uma bacia. Essa produção está relacionada com os fenômenos de erosão que se produzem na configuração do relevo de determinada área de bacia (LORANDI; CANÇADO, 2002).

A combinação dos dados morfométricos permite a diferenciação de áreas homogêneas. Esses parâmetros demonstram indicadores físicos específicos para um lugar, contribuindo, dessa forma, na qualificação das alterações ambientais. Em outras áreas, tais parâmetros podem perder a expressão, apresentando os indicadores físicos que se integram de muitos modos (ANTONELI; THOMAZ, 2007).

Portanto, os estudos morfométricos permitem obter um conhecimento dos aspectos físicos, bem como as relações existentes entre os componentes do meio físico da sub-bacia em estudo, auxiliando na identificação dos processos erosivos presentes na área do córrego Taquaral (SIQUEIRA *et al.*, 2012).

Contudo, fica evidente que a análise dos parâmetros morfométricos é relevante na avaliação da bacia hidrográfica, pois contribui para que haja um melhor planejamento dos recursos contidos na área da bacia, pois fornecerá informações sobre as características da bacia em termos de declive, topografia, condições do solo, escoamento e potencial de água superficial, etc. Esses dados colaboram com a inserção de projetos de conservação do solo

e água, nos estudos da dinâmica da bacia e no gerenciamento de recursos naturais (ALI; ALI, 2014).

2.2.2 Dinâmica fluvial

Para que se possa realizar o estudo dos componentes do sistema fluvial de forma mais detalhada, é preciso dividi-los em subsistemas. Dessa forma, os processos que envolvem a dinâmica fluvial de uma bacia hidrográfica são divididos em erosão, transporte e deposição (CHARLTON, 2007).

Os processos erosivos que ocorrem nos divisores d'água contribuem à modificação dos canais que compõem a bacia, colaborando para o estreitamento ou alargamento desses canais (GUERRA; GUERRA, 2008).

Um dos processos erosivos mais importantes para o sistema hídrico, é o provocado pela ação das águas das chuvas, pois a mesma é responsável por diminuir a capacidade produtiva do solo e produz cargas sedimentares às bacias hidrográficas. As principais formas de erosão hídrica são: a laminar, em sulcos e voçorocas, subterrânea e as que ocorrem no decorrer dos canais fluviais (BRANCO, 1998).

A erosão fluvial realiza-se através de três processos: corrosão, corrasão e cavitação. A corrosão é o desgaste gradual das rochas através das reações químicas ocasionadas pelo atrito das águas com as rochas superficiais. A corrasão é o desgaste físico que ocorre através do impacto de partículas transportadas pela água. E a cavitação, ocorre sob condições de índices elevados de velocidade da água, quando a pressão sobre as paredes facilita a fragmentação das rochas (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Suguio (2003), ressalta, que o processo de erosão “é um fenômeno natural, através do qual a superfície terrestre é desgastada por processos físicos, químicos e biológicos e modificam assim a paisagem”. Nos cursos de água, o remodelamento do relevo é ocasionado pelos rios nas vertentes.

O processo de erosão pode causar muitos problemas para o meio ambiente, como por exemplo: destruição completa de nascentes; aumento no risco de desertificação; em áreas de atividade agrícola ela ocasiona a remoção da camada fértil, provocando o empobrecimento do solo; altera as condições de escoamento da água na superfície e na calha dos rios, entre outros (CARVALHO, 2008).

Dessa forma, Négrel e Rigollet (2011), ressaltam que os processos de erosão predominam na parte mais amontante do sistema hidrográfico, onde se origina a maior parte da carga de sedimentos. A erosão mecânica e química são as principais responsáveis por aumentar a carga de materiais sólidos transportados pelos canais. Esse tipo de processo atinge todos os tipos de rochas, sejam elas magmáticas, metamórficas ou sedimentares.

Conforme Griebeler *et al.* (2001), a erosão hídrica é um dos principais processos associados à degradação ambiental, isso porque quanto maior o índice de ações antrópicas no ambiente da bacia, mais a erosão hídrica irá se intensificar. Os agentes de erosão também produzem energia para os processos de desagregação e transporte das partículas do solo erodidos, principalmente, da energia cinética proveniente do impacto das gotas da chuva sobre o solo e do escoamento superficial.

O processo de transporte contribui para o deslocamento de massas de solo e rochas de um ponto para o outro através dos rios. Christofolletti (1980), destaca, que os rios constituem os agentes mais importantes do transporte de sedimentos intemperizados das áreas mais elevadas às mais baixas, esses materiais são carregados pelos rios de três maneiras diferentes, solução, suspensão e saltação.

A solução é o transporte de elementos das rochas que sofrem com o intemperismo (químico, físico, biológico), que estão dissolvidos nas águas dos rios. A suspensão é quando o canal transporta fragmentos com volume reduzido como o silte e a argila. Já a saltação é o deslocamento de partículas com granulometria maior, como a areia e o cascalho (CHRISTOFOLLETTI, 1980; SALLES, 1997; CHARLTON, 2007).

Griebeler *et al.* (2001), ressaltam, que o processo de transporte ocorre associado ao escoamento, e que só ocorrerá a deposição quando a velocidade do fluxo for reduzida. Além disso, não são apenas partículas de solo que são transportadas em suspensão, outros materiais também são transportados como: nutrientes, matéria orgânica, sementes e defensivos agrícolas que, além de causarem prejuízos diretos à produção agropecuária, causam a poluição dos cursos d'água.

Carvalho (2008), ressalta, que assim como a erosão, o processo de transporte promove alguns problemas ao meio ambiente como por exemplo: os sedimentos que são transportados por suspensão degradam o uso consumptivo da água, aumentando o custo do tratamento; aumenta a turbidez reduzindo a qualidade estética dos cursos de água; atua

como portador de bactérias e vírus; o sedimento em suspensão impede a penetração de luz e do calor, reduz a fotossíntese, entre outros.

O processo de deposição de sedimentos carregados pelos rios ocorre quando há a diminuição da capacidade fluvial. Isso é ocasionado pela redução da declividade e do volume ou aumento da carga detrítica. (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Maia e Cavalcante (2004, p. 1) ressaltam que:

As correntes fluviais em sua dinâmica natural, dependem de determinadas condições ambientais (Clima, Relevo, Permeabilidade, vegetação etc.) que condicionam sua morfodinâmica fluvial, e esta por sua vez, caracteriza uma região. Também constituem os principais agentes de erosão e transporte de partículas finas em suspensão até grandes calhaus que são arrastados por ela, sendo depositados nas planícies, nos lagos e nos mares. (MAIA E CAVALCANTE, 2004, p. 1).

Dessa forma, Suguio (2003), destaca, que esses três processos se tornam de fundamental importância no estudo da dinâmica fluvial das bacias hidrográficas, pois sem atuação desses mecanismos o intemperismo cessaria, não haveriam modelamentos dos relevos e as deposições das margens acabariam. Porém, eles podem ser intensificados na medida em que o homem interfere nesse meio. Esses são os elementos mais dinâmicos da paisagem e, portanto, uma compreensão dos processos é fundamental para explicar o desenvolvimento das características fluviais (HOOKE, 1979).

A sedimentação é o processo de formação ou acúmulo de sedimentos depositados ao longo dos canais, modificando a morfologia da bacia. A carga sedimentar é resultante da fragmentação ou da decomposição das rochas. Esse processo resulta na formação de alguns tipos de rochas, como os arenitos, arcoses, conglomerados e brechas (GUERRA; GUERRA, 2008).

A produção desses sedimentos ocorre, na maioria das vezes, nas regiões de cabeceiras (alto curso). As entradas de sedimentos nos canais variarão conforme o espaço e o tempo, pois, dependem de vários fatores naturais para ocorrer como, as precipitações e os terremotos. Porém, esses mesmos fatores podem ser acelerados pela interferência antrópica (CHARLTON, 2007).

Para Stevaux e Latrubesse (2017), a sedimentação consiste em mais um estágio do processo fluvial, pois, durante seu percurso, a carga transportada pode ser depositada em qualquer ponto dependendo da velocidade do transporte. A velocidade da deposição está

relacionada ao tamanho da partícula, de modo que a deposição se inicia pelos fragmentos mais grossos, à medida que a velocidade de fluxo se reduz.

Thorne e Tovey (1981), ressaltam, que os rios que possuem carga sedimentar aluvial possuem bancos de depósitos compostos por elementos não coesivos e coesivos. Os não coesivos são depósitos formados por cascalhos e são característicos de canais relíquias. Já os coesivos são depósitos constituídos por siltitos arenosos e são abundantes em canais abandonados e em barras emergentes.

Os depósitos fluviais podem ser classificados em dois tipos: depósitos de canal e depósitos da planície de inundação, sendo que os depósitos de canal são classificados em transitórios, intermitentes e de preenchimento. Os transitórios são acumulações deixadas no leito fluvial entre dois episódios sucessivos de variação da vazão do rio, às quais são removidas assim que a capacidade de transporte é recuperada. Os depósitos intermitentes persistem no leito por um período maior que os transitórios, sendo movimentados raramente por requererem maior capacidade fluvial. Os de preenchimento são encontrados em canais inativos, como os meandros abandonados que recebem os sedimentos em períodos de enchente (NOVO, 2008).

Rocha e Souza Filho (2005) consideram os depósitos de canal como depósitos emersos, ou seja, são as barras arenosas que estão localizadas no meio do canal e que se diferenciam das ilhas por ter menor altura comparada com o nível do rio, menor permanência e não apresentar vegetação.

De acordo com Novo (2008), os depósitos de planície de inundação são os que se localizam próximo ao canal fluvial, como os diques marginais que são formados por areia fina, com a colaboração de silte e argila; os depósitos de transbordamento que possuem em sua composição granulométrica, partículas mais finas e matéria orgânica; e os depósitos de rompimentos que favorecem a formação de canais efêmeros, que podem evoluir para canais secundários, que realizam o transporte de água e sedimento do canal principal à planície de inundação.

Os processos de sedimentação são intensificados devido aos problemas da erosão do solo, que por sua vez, podem ser ampliados através das ações antrópicas em determinadas áreas. Esses processos são responsáveis por modificarem o leito e o alinhamento dos canais, além disso, provocam o aumento do período de inundação nas

áreas ribeirinhas, e tornam mais frequentes as inundações e erosões em áreas urbanas devido ao desmatamento das matas ciliares (PIRES; SANTOS; DEL PRETTE, 2002).

Nesse sentido, Carvalho (2008), destaca, que a deposição também pode causar outros problemas ao meio ambiente, dependendo da velocidade e do local onde são depositados, como: o assoreamento de lagos impede totalmente o pouso de hidroaviões; prejudica o escoamento nos canais; provoca o assoreamento em reservatórios, reduzindo o volume d'água e a vida útil do lago; o sedimento depositado em algumas áreas reduz a drenagem superficial; pode assorear as calhas dos rios, tomadas d'água e outras estruturas fluviais, entre outros.

2.3 Fragilidade Ambiental

A análise das características geomorfológicas dos sistemas ambientais tem um enfoque voltado ao estudo dos ambientes naturais frente aos projetos de planejamento e gestão de territórios naturais (ROSS, 2012). Dessa forma, essas pesquisas dependem de formulação de dados que contemplem todas as variáveis possíveis para um devido diagnóstico ambiental, assim, são utilizadas metodologias que permitem identificar as potencialidades e as fragilidades para os diferentes interesses (ser usado ou não pela sociedade) (ROSS, 2012).

O aumento do consumo dos recursos naturais tem comprometido a qualidade e quantidade dos mesmos, dessa forma, a necessidade dos estudos e análises aprofundadas das potencialidades e fragilidades desses ambientes se faz importante para o planejamento do espaço geográfico em que esses ambientes se encontram (MORAES; CORREA; CONCEIÇÃO, 2010).

A proposta de fragilidade ambiental origina-se de Tricart (1977), ao considerar como ecodinâmica a interação entre os componentes da natureza e a forma com que o homem ocupa e modifica o espaço. A fragilidade ambiental é considerada uma das principais formas de estudo do espaço geográfico, pois é capaz de identificar como ocorre a relação sociedade/natureza e os níveis de influência dessa relação ao meio (ALVES *et al.*, 2017).

Assim, a fragilidade ambiental é compreendida como a susceptibilidade de dano em que um ambiente está sujeito, ou seja, a fragilidade ambiental refere-se a áreas sensíveis a impactos ambientais, apresentando baixa capacidade de recuperação (GHEZZI, 2003).

Nessa perspectiva, os sistemas naturais possuirão uma maior ou menor fragilidade dependendo das características genéticas de cada ambiente, ou seja, qualquer alteração nos elementos da natureza (relevo, vegetação, clima, hidrografia e solo), comprometerá a funcionalidade, interferindo em seu equilíbrio dinâmico. Essas variáveis, analisadas e tratadas de forma integrada, permitirão diagnosticar se cada um desses ambientes possui fragilidade a processos erosivos, inundações, enchentes, entre outros (SPÖRL; ROSS, 2004).

Dessa forma, para realizar-se o estudo da fragilidade ambiental é de fundamental importância realizar a classificação e a organização dos elementos que compõem o espaço geográfico que se pretende analisar, considerando os aspectos naturais e antrópicos. Assim, serão analisados todos os componentes daquele ambiente, como substrato rochoso, solo, relevo, vegetação, grau de uso antrópico, clima, etc (CRUZ; PINESE JUNIOR; RODRIGUES, 2010; VALLE; FRANCELENO; PINHEIRO, 2016).

A partir da classificação e organização dos elementos naturais e antrópicos é possível realizar a classificação da fragilidade potencial e emergente, onde a primeira está relacionada à fragilidade natural em que um determinado ambiente está submetido, englobando suas características físicas, como: solo, declividade, índice de pluviosidade, entre outros. A segunda considerará os fatores ambientais, acrescentando a interferência do homem (SCHIAVO *et al.*, 2016).

Para tanto, a má utilização dos recursos naturais pode alterar o ambiente e levá-lo a reagir rapidamente, desencadeando processos de degradação do espaço. Dessa maneira, é importante que seja realizado um planejamento ambiental para buscar alternativas de recuperar o ambiente degradado (GHEZZI, 2003).

Portanto, os estudos de fragilidade são importantes ferramentas nas pesquisas envolvendo os ambientes fluviais, pois, a partir da compreensão dos níveis de fragilidade ambiental de uma bacia hidrográfica, é possível avaliar como os elementos físicos e sociais estão interferindo na dinâmica desse ambiente, permitindo a elaboração de um planejamento ambiental que englobe todos os fatores de risco ao qual esse espaço está sujeito (ALVES *et al.*, 2017).

CAPÍTULO III

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo serão abordados os materiais e metodologias utilizados como base à construção e estruturação desta pesquisa. No primeiro tópico foi realizada uma descrição da área de estudo, indicando a localização da sub-bacia do córrego Taquaral e das seções de coleta. Posteriormente, foram feitos levantamentos dos fatores geoambientais (estrutura geológica, relevo, vegetação, solo, clima e hidrografia), com base em RADAMBRASIL e SEPLAN/MT.

Mais adiante, são descritos os procedimentos metodológicos desta pesquisa, como: trabalho de gabinete; confecção das bases cartográficas; cálculo de vazão; cálculo da descarga sólida suspensa; parâmetros morfométricos; hierarquia fluvial; mapeamento da fragilidade ambiental; atividade de campo; variáveis hidrodinâmicas; coleta de sedimentos e atividade de laboratório.

3.1 Área de Estudo

A área de estudo corresponde a sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral, localizada na zona rural do município de Cáceres-MT. Situa-se 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. Possui uma área de 143,90 km², sendo contribuinte da margem esquerda do rio Paraguai (figura 01). As seções de coleta de dados foram distribuídas ao longo do perfil longitudinal (alto, médio e baixo curso da sub-bacia), as coordenadas geográficas de cada uma estão descritas no quadro 01 e ilustrados na figura 01.

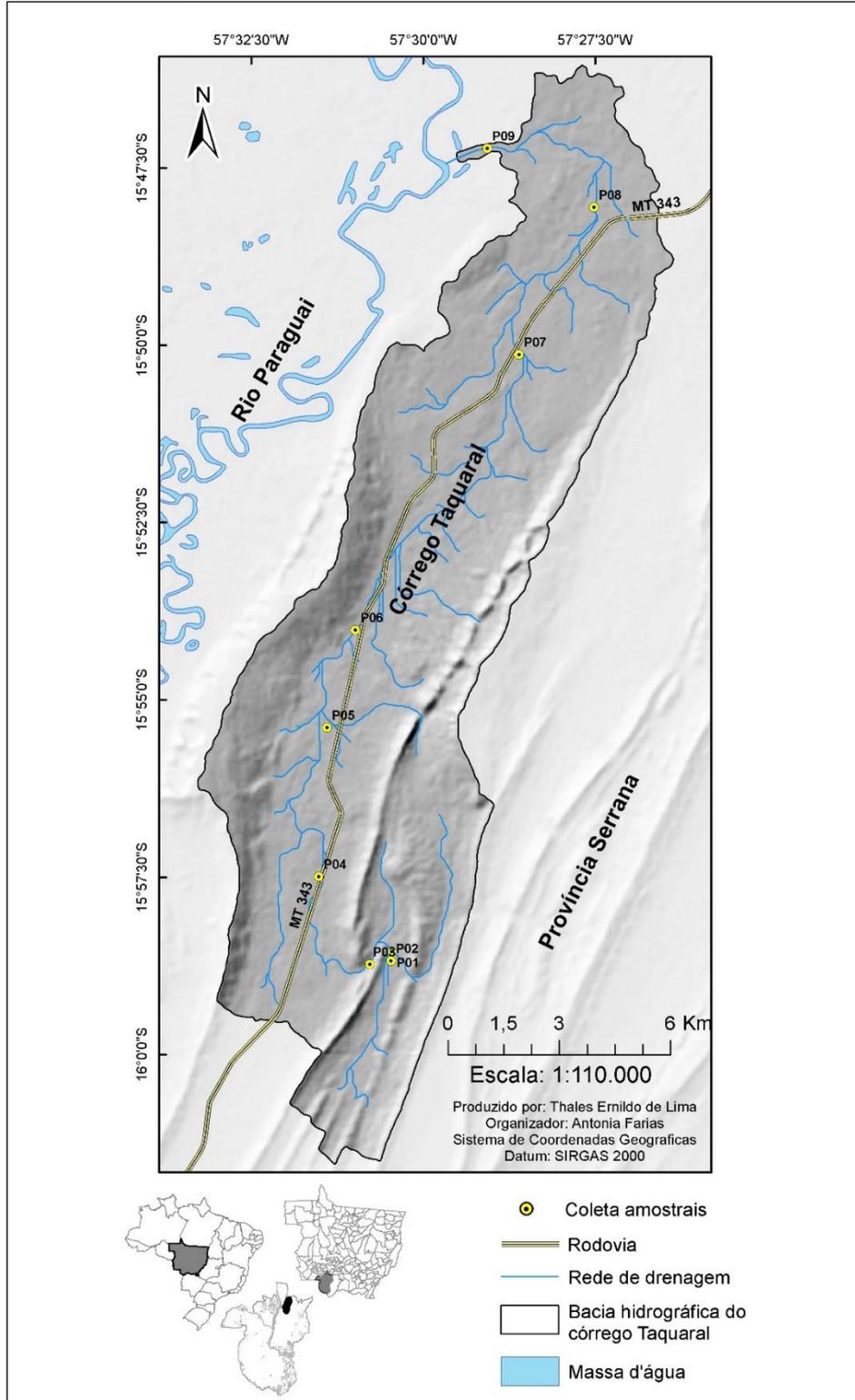
Quadro 01. Coordenadas geográficas das seções de coleta de dados

LOCAL	SEÇÃO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
		LATITUDE SUL	LONGITUDE OESTE
Alto curso	I	15° 58' 40.4"	57° 30' 28.1"
	II	15° 58' 32.8"	57° 30' 27.6"
	III	15° 58' 43.4"	57° 30' 46.4"
Médio curso	IV	15° 57' 29.2"	57° 31' 31.2"
	V	15° 55' 23.2"	57° 31' 23.9"
	VI	15° 54' 00.9"	57° 30' 59.1"
	VII	15° 50' 16.3"	57° 28' 46.2"
	VIII	15° 48' 03.2"	57° 27' 48.0"

Baixo curso	IX	16° 03' 47.6"	57° 41' 13.8"
-------------	----	---------------	---------------

Fonte: A Autora, (2019).

Figura 01. Localização da Área de Estudo



3.1.1 Caracterização Climática

No alto curso da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral, registra-se a ocorrência do Clima Tropical Mesotérmico Quente Úmido da Faixa Meridional dos Planaltos. Segundo Camargo (2011), esse tipo de clima ocorre entre as cotas altimétricas 300-700 metros. Segundo Souza (2015), “é caracterizado pela variação em função da grande extensão territorial e do controle modificador, exercido pela forma e orientação do relevo”.

O Clima Tropical Mesotérmico Quente Úmido da Faixa Meridional dos Planaltos, foi dividido em 12 subunidades climáticas. O alto curso da sub-bacia está situado dentro da unidade de relevo Província Serrana, onde as maiores influências climáticas ocorrem entre as altitudes 300 e 700 metros. As temperaturas médias nessas áreas variam de 24,5°C e 22,4°C (CAMARGO, 2011).

Com relação à precipitação, o alto curso da sub-bacia do córrego Taquaral apresenta duas estações bem definidas, uma seca e outra chuvosa. A estação seca caracteriza-se por apresentar déficits hídricos e a estação chuvosa corresponde aos maiores índices de precipitação pluviométrica. (SOUZA, 2015). A estação seca se estende por 4 meses (junho a setembro) e a média de precipitação é de 200 a 300 mm. A estação chuvosa se estende por 6 meses (outubro a abril) e a média de precipitação é de 400 a 800 mm, a média anual é de 1.400 a 1.600 mm (CAMARGO, 2011).

No médio e baixo curso da sub-bacia do córrego Taquaral registra-se o Clima Tropical Mesotérmico Subúmido das Depressões e Pantanaís. De acordo com Camargo (2011), esse tipo de clima ocorrerá entre as altitudes 100 a 200 metros, nas coordenadas 15°C/17°C latitudes sul e 57°C/58°C longitude oeste, onde estão situadas o médio e baixo curso.

O Clima Tropical Mesotérmico Subúmido das Depressões e Pantanaís, foi dividido em 6 subunidades climáticas. O médio e baixo curso da sub-bacia está inserido na unidade de relevo Depressão do Alto Paraguai, onde as maiores influências climáticas ocorrem entre as cotas altimétricas 100 a 200 metros. A variação da temperatura média é de 25,4°C e 24,9°C (CAMARGO, 2011).

Referente aos níveis de precipitação, nesse tipo de clima, as estações de seca e chuvoso possuem diferentes tipos de duração. A estação seca se estende por 8 meses (abril a novembro) e tem uma média de precipitação de 300 a 350 mm. A estação chuvosa

dura em média 4 meses (dezembro a março) e tem média de precipitação de 300 a 400 mm. A média anual de precipitação varia de 1300 a 1400 mm (CAMARGO, 2011).

3.1.2 Embasamento Geológico

A sub-bacia hidrográfica está inserida na Formação do Grupo Alto Paraguai, sendo composta por rochas que datam do Pré-Cambriano Superior até os sedimentos recentes do Quaternário. Após terem sido dobradas, aplanadas e inundadas por cobertura cretácea, as rochas foram posteriormente soerguidas através de processos epirogenéticos e a seguir passaram a ser exumadas e esculpidas por processos erosivos que se desenvolveram ao longo do Cenozoico (RADAMBRASIL, 1982) (quadro 02). As formações geológicas presentes na sub-bacia estão ilustradas na figura 02.

Quadro 02. Coluna estratigráfica da Sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral

Era	Período	Época	Litoestratigrafia	
			Grupo	Formação
Cenozoico	Quaternário	Holoceno		Aluviões atuais
		Pleistoceno		Pantanal
Pré-cambriano	Superior		Alto Paraguai	Seopotuba
				Raizana
				Araras

Fonte: RADAMBRASIL (1982)

Org.: A Autora (2019)

3.1.2.1 Formação Araras

A Formação Araras está presente no alto curso da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral, representando uma área equivalente a 16,99 km², sendo 11,81% da área total. De acordo com o RADAMBRASIL (1982), essa formação é composta por rochas carbonáticas constituídas de calcários pelíticos e calcíticos e dolomitos no topo.

Os calcários pelíticos e calcíticos ocorrem nas porções inferiores e meias encostas da Província Serrana. Os calcários pelíticos são ocorrentes na porção basal da Formação Araras e são mais comuns em solos argilosos de coloração amarronzada, sua coloração é marrom-arroxeadada, vermelho-tijolo e cinza-escuro, sua granulação é normalmente muito fina.

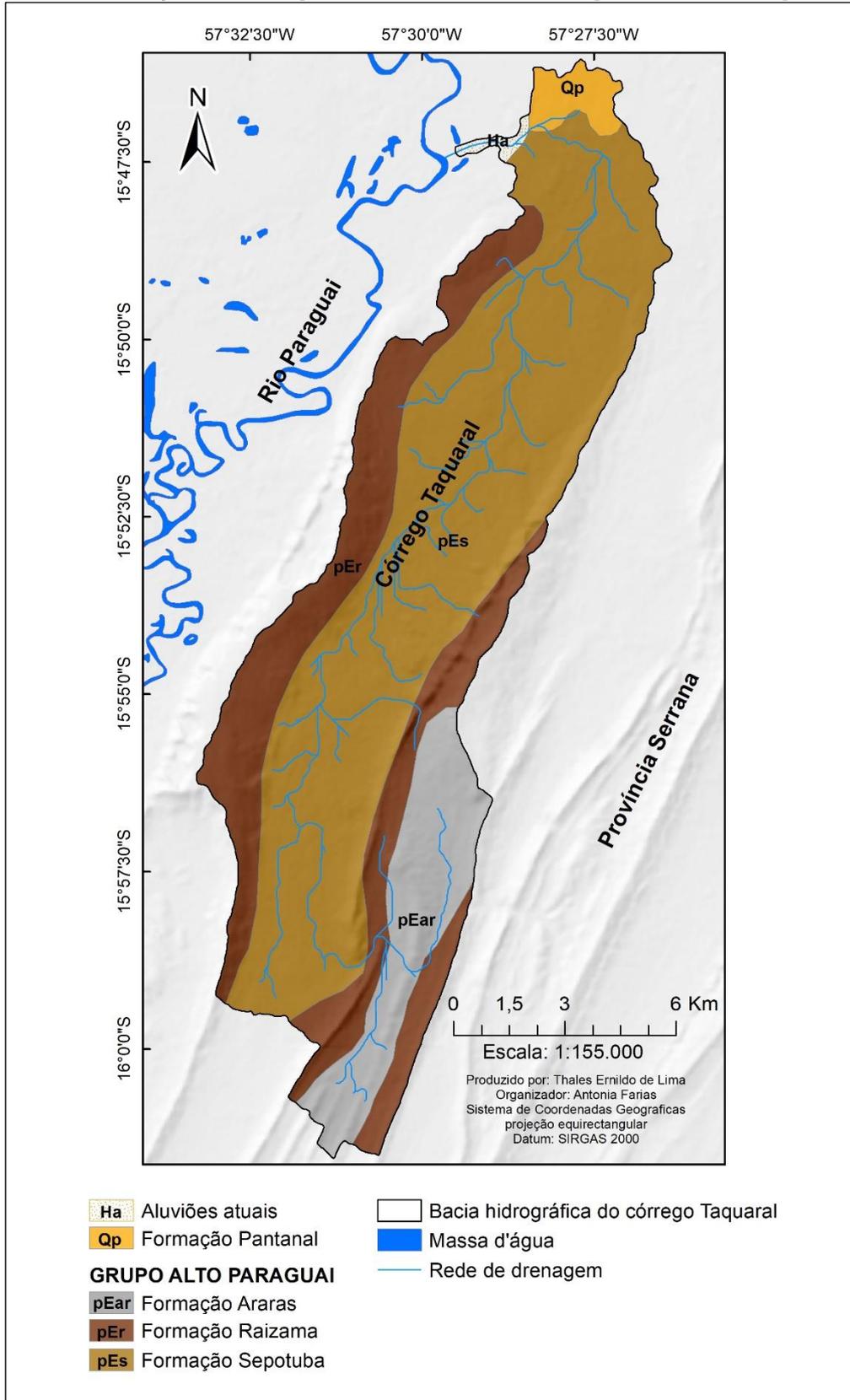
Os calcários calcíticos são mais comuns na porção superior e se apresentam em forma de lajedos e pequenos paredões nos sopés das serras da Província Serrana. Tem coloração cinza escuro e cinza claro. As rochas mais abundantes dessa formação são os dolomitos que ocorrem, principalmente, na porção superior e tem coloração cinza claro e granulação fina (RADAMBRASIL, 1982).

De acordo com Rosestolato Filho (2006), a Formação Araras está situada na região nordeste do município Cáceres-MT, onde localiza-se a Serra das Araras, que apresenta grande concentração de calcário e teve seu surgimento no período pré-cambriano. O autor ressalta ainda, que na parte superior da Formação Araras, em algumas partes, há a presença de arenitos calcíferos que a diferencia da Formação Raizana.

Com relação a sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral, essa formação está inserida apenas em pequenas porções do alto curso, que está situada nos sopés da Província Serrana. Dessa forma, o alto curso possui uma parte que escoar sobre as rochas compostas de calcário e dolomito que compõem a Formação Araras, influenciando, assim, disponibilidade da rede de drenagem da sub-bacia.

O intemperismo químico (dissolução química da rocha), é o principal processo atuante na gênese em área de ocorrência de calcário, contribuído para predominância de rede de drenagem subterrânea ao invés de superficial, isso pode explicar a pobreza de drenagem nesse trecho da sub-bacia, com presença de formas típicas cársticas: dolinas, vales cegos, paredões, abrigos rochosos, e sumidouros (onde a drenagem superficial adentra para o meio subterrâneo).

Figura 02. Formações Geológicas da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral



3.1.2.2 Formação Raizama

A Formação Raizama é uma das mais abrangentes na sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral, estando presente nas serras no alto e médio curso. Essa formação possui uma área de 38,37km², o que equivale a 26,66% da área total (figura 02).

Essa formação é constituída pelos arenitos quartzosos e ortoquartzíticos, com intercalações de siltitos e argilitos que recobrem o calcário da Formação Araras. Sustenta as morrarias mais elevadas da paisagem. Foi batizada de Raizana por Evans (1894), e introduzida no Grupo Alto Paraguai por Almeida (1964) (SANTOS, 2000).

A Formação Raizana está diretamente ligada à Província Serrana, onde estão preservadas nas partes mais elevadas, apresentam formas de relevos tabulares, por serem constituídas de rochas areníticas e resistentes. Sua granulação é fina e média, com níveis de areia grossa, seixos e grânulos (RADAMBRASIL, 1982).

Segundo Rosestolato Filho (2006), a Formação Raizana apresenta algumas variações, sendo responsável pelas variadas formas acidentadas presentes na Província Serrana. As principais variações dessa formação estão representadas pelas cores diversificadas de branco a roxo e arroxeadas. Com referência, as características físicas e as oscilações mais comuns são as dos siltitos e argilitos com coloração avermelhada, arroxeadas ou amareladas, arcóseos de granulação média e arenitos com concentração de ferro (ROSESTOLATO FILHO, 2006). O autor salienta, ainda, que as rochas resistentes às erosões dessa formação, são encontradas em áreas de dobramentos.

Na sub-bacia do córrego Taquaral, essa formação está presente principalmente no alto e médio curso, as maiores das nascentes fluem, nas encostas das serras (arenito) da Província Serrana e seguem paralelos até encontrar o canal principal. As fendas e porosidade do arenito contribuem para percolação da água, abastecendo os aquíferos confinados, podendo ser considerado a área de recarga da sub-bacia.

3.1.2.3 Formação Sepotuba

A Formação Sepotuba, registra maior ocorrência na bacia, nos vales, com 84,54 km², essa formação exerce bastante influência no sistema de drenagem, como maior densidade

de drenagem. A Formação Sepotuba é composta por siltitos, folhelhos e argilitos; são rochas que possuem baixa permeabilidade, esse fator, somado com os baixos níveis de declividade onde essa formação está situada na área da sub-bacia do córrego Taquaral, permite que o escoamento superficial ocorra de forma mais lenta e realize a esculturação do relevo, formando novos cursos de água ao longo da bacia, por esse motivo, a maior parte dos canais que formam a sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral encontram-se dentro dessa formação.

Os depósitos afloram normalmente de forma descontínua, apresentando espessuras de aproximadamente 30 m. Possuem ocorrência no topo das serras e vales que desenhavam sinclinais. As colorações, vermelho e rosa, são indicativos de alterações causadas por intemperismo, enquanto as cores, cinza e bege, indicam litotipos menos alterados (SILVA JUNIOR, 2006).

Com referência à litologia, a Formação Sepotuba é caracterizada por frequentes intercalações de siltitos finamente laminados, folhelhos e arenitos finos a médios, de coloração vermelho escuro, marrom chocolate e cinza esverdeado em sua porção basal. Na seção média e o topo há a ocorrência de espessos pacotes de siltitos, argilitos e folhelhos, essas rochas podem se apresentar em camadas finas estratificadas, ou em bancos maciços bastante endurecidos. Sua granulometria varia de argila a areia fina, sendo constituídas por quartzo, palhetas de micas e material siltítico argiloso (RADAMBRASIL, 1982).

3.1.2.4 Formação Pantanal

A Formação Pantanal abrange apenas uma pequena parte do baixo curso da sub-bacia em estudo, possuindo uma área de 3,27km², o que equivale somente 2,27% da área total. Segundo RADAMBRASIL (1982), essa formação é datada da era Cenozoica (Período Quaternário), e é constituída de sedimentos variados desde argila a conglomerados semiconsolidados. Esses depósitos normalmente são encontrados em ambientes inundáveis.

Os depósitos presentes na Formação Pantanal são caracterizados como areno-argilosos e silticos-argilosos, possuem granulação fina a muito fina, podendo haver areias médias a conglomerados (RADAMBRASIL, 1982). Souza (2004), ressalta ainda, que os

sedimentos dessa formação são de fácil erosão, sendo que, no período de cheia, são removidos e depositados em outros segmentos do canal, o que contribui com modificações ao longo do sistema fluvial.

Na sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral, a Formação Pantanal está presente em uma pequena porção do baixo curso, sobreposta na Formação Sepotuba, próximo a confluência do canal principal com o rio Paraguai. Dessa forma, a sub-bacia escoou através das bases estruturais da Formação Sepotuba, alcançando as características sedimentares da Formação Sepotuba, influenciando assim nos aspectos físicos e sedimentares do córrego Taquaral.

3.1.2.5 Aluviões Atuais

Os Aluviões Atuais ocorrem no baixo curso da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral, na confluência da bacia com o rio Paraguai, ocupando apenas 0,51% da área total. Essa formação é datada da era Cenozoica e, está presente em praticamente todo baixo curso do córrego Taquaral. Litologicamente, são constituídos de areias, siltes, argilas e cascalhos, reconhecendo-se depósitos de canal, depósitos de barra em pontal e transbordamento, sua espessura não ultrapassa 10 metros (RADAMBRASIL, 1982).

Essa formação é considerada uma das litologias mais jovens no âmbito litoestratigráfico, por serem unidades do período Quaternário. Os sedimentos se desenvolvem ao longo das planícies de inundação e apresentam litificação variável (SANTOS, 2000).

As planícies de inundação apresentam relevo plano, sendo caracterizadas como áreas de acumulação embutida ao longo das drenagens (RADAMBRASIL, 1982). Os depósitos aluvionares por ocorrerem nas planícies de inundação do rio Paraguai, podem ser recobertos por solos hidromórficos renovados, com colorações escuras, ricos em matéria orgânica e bastante férteis.

Na sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral, essa formação é encontrada no baixo curso, onde os sedimentos que são transportados pelo canal são depositados. Dessa forma, os sedimentos depositados na confluência da bacia com o rio Paraguai se originam nas formações Raizana e Sepotuba, atravessam a Formação Pantanal e se encontram com

os Aluviões Atuais no baixo curso, sendo que, todas essas formações têm influência direta nas características do regime fluvial da sub-bacia e nos aspectos fisiográficos.

3.1.3 Geomorfologia

A partir dos estudos elaborados pelo projeto Radambrasil (1982), foi possível identificar três importantes unidades geomorfológicas na sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral, sendo classificadas nos seguintes compartimentos: Alto curso (Província Serrana), no médio curso (Depressão do Rio Paraguai, Província Serrana) e no baixo curso (Planície do Rio Paraguai e Depressão do Rio Paraguai), (figura 03).

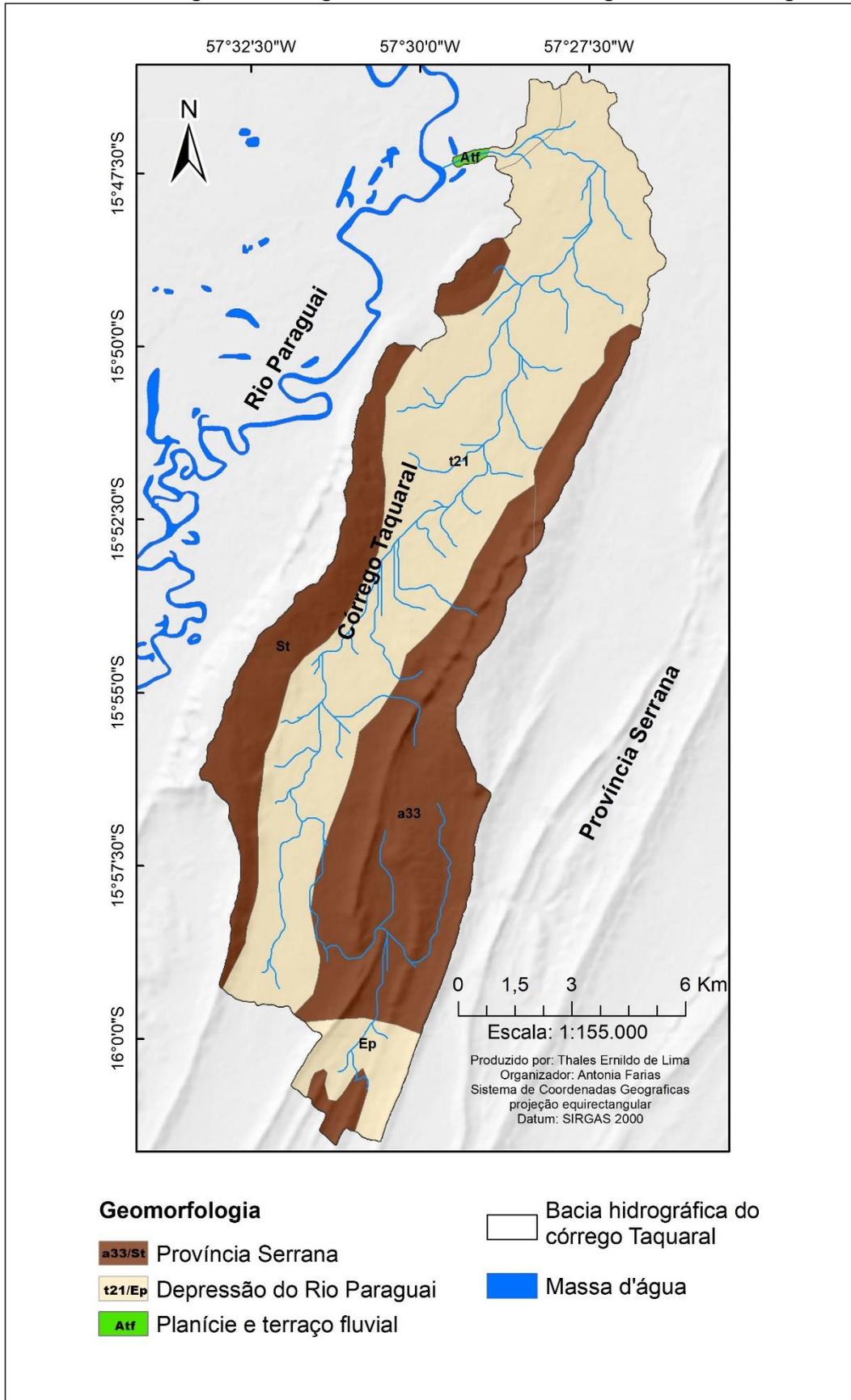
3.1.3.1 Província Serrana

A Província Serrana abrange grande parte do alto curso da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral, é caracterizada como um conjunto de vales e serras paralelas, sinclinais e anticlinais, constituída por dobramentos e falhamentos. As serras possuem estruturas tabulares, superfície aplanada, imitada por escarpas e retrabalhada por processos de pediplanação (RADAMBRASIL, 1982).

O relevo da Província Serrana é classificado como um conjunto de anticlinais e sinclinais, formando um alinhamento de serras paralelas entre si, com plano de concavidade voltado para o sudoeste. Possui características de dobras e falhas, em que o processo erosivo atuou em diferentes fases ao longo do período Cenozoico e Mesozoico (ROSS, 1991).

Ribeiro Filho *et al.* (1975), caracterizam a Província Serrana como um conjunto de serras paralelas, configuradas por dobramentos e falhamentos das camadas sedimentares do Grupo Alto Paraguai, separadas por vales estreitos e amplos. As características atuais do relevo da Província Serrana são resultadas das fases erosivas que atuaram na estrutura dobrada de diferentes formações litológicas. Apresenta-se com estrutura em anticlinais com dorsos preservados, erodidos, vales de sinclinais, sinclinais alçados, escarpas estruturais geradas por falhas e a ocorrência de calcário no interior dos anticlinais erodidos ou nas bordas sinclinais alçadas, sendo observado a associação do relevo invertido e formas concordantes com a disposição estrutural (SOUZA, 2015).

Figura 03. Unidades geomorfológicas da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral



A rede de drenagem do córrego Taquaral tem influência direta das características estruturais do relevo da Província Serrana. O curso da sub-bacia está encaixado entre um conjunto de serras e vales da Província, estabelecendo assim, um padrão de drenagem mais sinuoso, influenciado pelas características da geomorfologia local.

3.1.3.2 Depressão do Rio Paraguai

Segundo Souza (2004), a Depressão do Alto Paraguai passou por processos de erosão que atuaram em suas diversas litologias, entre o Pré-Cambriano ao Carbonífero. Tais processos contribuíram para os desgastes do relevo, estatelando suas fisionomias atuais. Nesse seguimento ocorrem relevos residuais dessa Depressão (GRIZIO; SOUZA FILHO, 2009). Na sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral esse relevo está inserido em todo o médio curso como forma dissecada e no baixo curso como forma de erosão.

Esta subunidade compreende todo o entorno do rio Paraguai e suas cotas altimétricas variam de 120 a 300 metros. Tem como característica uma superfície ampla, aplanada e levemente dissecada, constituída por areias, siltes e argilas. Vale ressaltar, que as depressões passaram por processos de erosão no decorrer dos anos, por esse motivo, encontra-se desgastadas (PROVENZANO; NUNES; SANTOS, 2012).

Na Depressão do Rio Paraguai é possível observar duas fisionomias bem distintas na paisagem: terrenos quaternários da Formação Pantanal e rochas pré-cambrianas, ambas possuem suas individualidades caracterizadas por suas diferenças litológicas e pela organização da drenagem. Os rios têm suas nascentes em terras altas da Província Serrana e ao atingir os terrenos da depressão apresentam grandes números de afluentes. Apresentam padrão de drenagem paralelo e promovem fraca dissecção no relevo (RADAMBRASIL, 1982).

Na sub-bacia do córrego Taquaral esta compartimentação geomorfológica é a mais expressiva, pois abrange praticamente todo o médio curso e uma parte do baixo curso. O canal principal é pouco sinuoso sendo atribuído ao mesmo um padrão retilíneo, influenciado principalmente pelas características geológicas e pelas formas de relevo. No médio curso o relevo apresenta topo aplainado, com formas tabulares pouco dissecado, separadas

pelos vales de fundo plano. No baixo curso do córrego Taquaral, o relevo apresenta superfície aplainada por processos de pediplanação, cortando as litologias pré-cambrianas.

3.1.3.3 Planície do Rio Paraguai

A Planície de Rio Paraguai corresponde a uma vasta área, sendo considerada a mais típica brasileira, por estar em constante processo de sedimentação. Durante o período de cheia, ocorre o aumento do nível de águas dos rios, e com isso, o acúmulo fluvial, que resultam nas planícies de inundação (PROVENZANO; NUNES; SANTOS, 2012). A águas da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral depois de percorrerem as formações geológicas e compartimentações geomorfológicas presentes em sua área, o canal principal encontra a planície do rio Paraguai.

Resultante do acúmulo fluvial, a planície de inundação é periodicamente alagada nos períodos de cheia do rio Paraguai. As características físicas das planícies do rio Paraguai podem influenciar na composição do solo, na cobertura vegetal, e nos sedimentos depositados (SANTOS, 2013). Dessa forma, é possível considerar que os aspectos físicos e sedimentares presentes no baixo curso da sub-bacia do córrego Taquaral é influenciada pelo regime fluvial da planície do rio Paraguai.

3.1.4 Pedologia

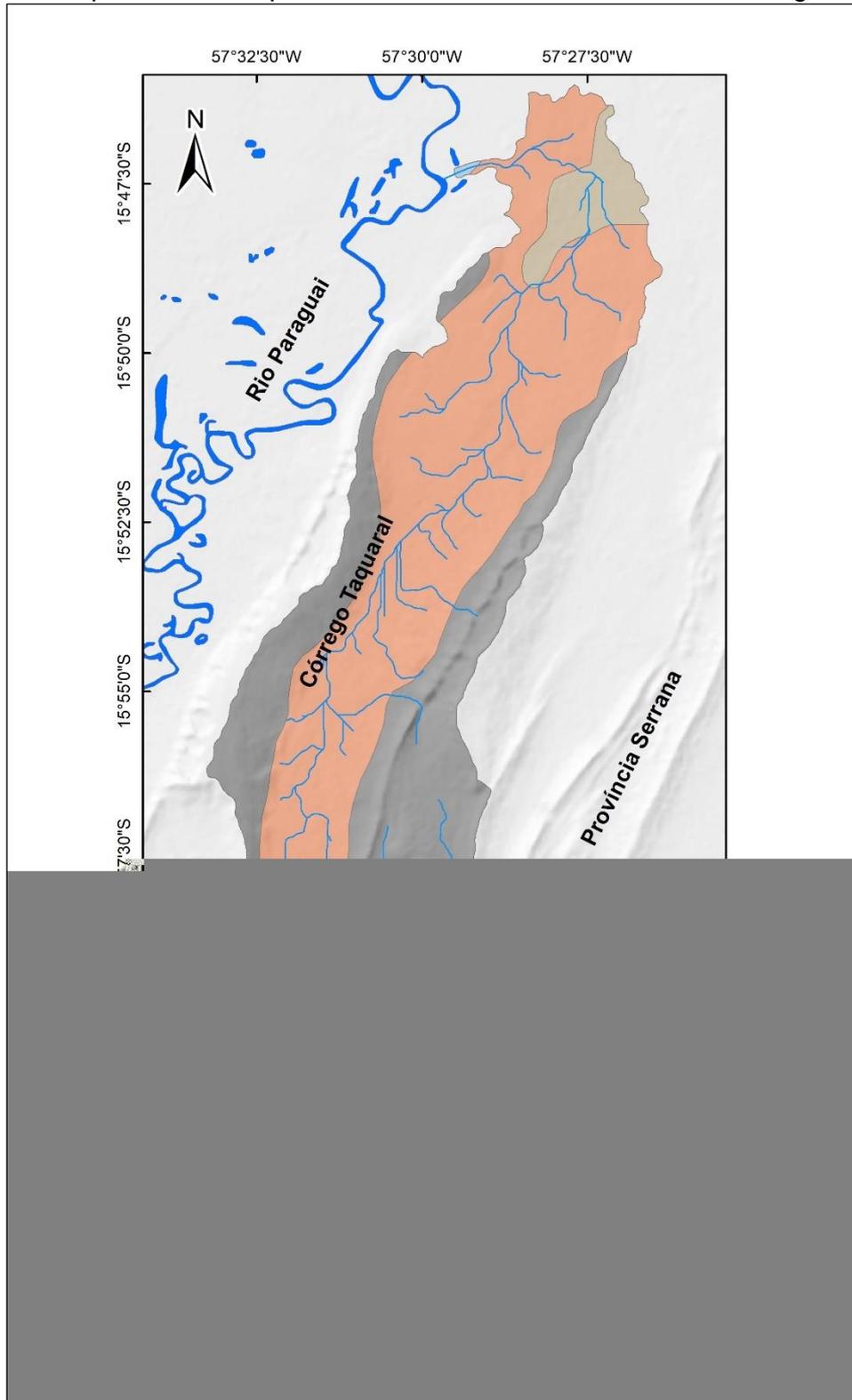
A partir dos estudos realizados pelo projeto RADAMBRASIL (1982) e por Camargo (2011), foi possível identificar os seguintes tipos de solos: Gleissolo Háplico Eutrófico, Cambissolo Háplico Tb Eutrófico, Neossolo Litólico Eutrófico e Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico.

Através de algumas definições e classificações de alguns autores sobre solo, compreende-se que:

O solo é uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contêm matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por interferências antrópicas (EMBRAPA, 2018).

Os solos presentes na sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral estão ilustrados na figura 04.

Figura 04. Tipos de solos que estão inseridos na sub-bacia do córrego Taquaral



3.1.4.1 Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico

Os Argissolos Vermelho-Amarelos são os solos mais abrangentes no decorrer da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral, estão distribuídos em uma área de 79,18km² (figura 04). Vale ressaltar, que nas áreas onde há a ocorrência desse solo na sub-bacia, ocorre a prática da agricultura onde são cultivadas milhos, cana-de-açúcar, bananas, entre outros, além das práticas pecuárias. Porém, os Argissolos que estão presentes na sub-bacia são distróficos, caracterizados como solos de baixa fertilidade.

Segundo a EMBRAPA (2018), os Argissolos são constituídos por material mineral, que apresentam o horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, podendo possuir alta ou baixa atividade de argila desde que conjugada com saturação por bases baixa ou com caráter alumínico na maior parte do horizonte B.

Esses solos possuem como principal característica, um aumento de argila do horizonte superficial A para o subsuperficial B que é do tipo textural (Bt), sendo acompanhado de boa diferenciação de cores e outros aspectos. A coloração do horizonte A é mais escurecida, enquanto a do horizonte Bt variam de acinzentadas a avermelhadas. A profundidade dos solos é variável, mas em geral, são pouco profundos e profundos. (IBGE, 2007). Os níveis de fertilidade desse solo dependerão do seu material de origem, são solos susceptíveis à erosão, principalmente em relevos declivosos (LIMA; LIMA; MELO, 2012).

3.1.4.2 Cambissolo Háplico Tb Eutrófico

Os Cambissolos Háplicos têm ocorrência em uma pequena parcela do médio curso e outra no baixo curso da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral, equivalente a uma área de 6,14km² (figura 04). Esses solos são constituídos de minerais, não hidromórficos, eles apresentam a sequência de horizontes A-Bi-C, o horizonte B é marcado pela presença de minerais herdados no material de origem, pouco intemperizado (IBGE, 2007).

O horizonte Bi pode apresentar pouca espessura, característico dos Cambissolos em áreas em que o relevo é muito acidentado ou com espessura relativamente grande, chegando a ultrapassar 1 m. Quando ocorrem em relevos com menos declividade, pode

apresentar elevados teores de silte, o que caracteriza sua textura média e comportamento físico similar a dos Latossolos. Em geral, apresentam alta erodibilidade associada ao grande potencial de escoamento de superficial (SARTORI; LOMBARDI NETO; GENOVEZ, 2005).

Pereira *et al.* (2010), ressaltam ainda, que os Cambissolos, em geral, são caracterizados como rasos, distróficos, álicos e amarelados, suas condições físicas e mineralógicas influenciam no adensamento natural, nas características morfológicas, na restrição à infiltração de água e lixiviação ao longo do perfil. Os Cambissolos possuem características de drenagem variada, de acentuada à imperfeita, podem apresentar qualquer tipo de horizonte A sobre o horizonte Bi, e as colorações são diversas. Às vezes, são pedregosos, cascalhentos e mesmo rochosos. Ocorrem preferencialmente em regiões serranas ou montanhosas (IBGE, 2007).

É importante evidenciar que no geral esses solos são pouco suscetíveis aos processos erosivos quando a topografia se apresenta plana, porém, os sistemas de manejo devem considerar práticas de conservação para que os processos erosivos sejam evitados (OLIVEIRA NETO *et al.*, 2015).

3.1.4.3 Neossolos Litólicos Eutróficos

Os Neossolos são solos constituídos de minerais ou matéria orgânica pouco espessos, não apresentam horizonte B diagnóstico, possuem ausência dos horizontes glei, vértico, plíntico, A chernozêmico, são solos poucos evoluídos (IBGE, 2007). Na sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral há a ocorrência de Neossolos Litólicos em manchas no alto e médio curso, no segmento das serras que compõem a Província Serrana, correspondendo a áreas elevadas, pouco exploradas pela ação antrópica (figura 04). Equivale a uma área de 58,42km².

Os Neossolos Litólicos são caracterizados como rasos, com espessura a 50 cm. Os horizontes mais comuns são A-C-Cr. Eles ocorrem em relevos fortes ondulados e/ou montanhosos e possuem alta suscetibilidade à erosão, devido à sua localização nas encostas com declives muito acentuados. O contato lítico próximo à superfície proporciona um grande potencial para o escoamento superficial nestes solos (SARTORI; LOMBARDI NETO; GENOVEZ, 2005).

Quando as bacias hidrográficas são constituídas de solos com elevada fragilidade textural, apresentam degradação moderada, como voçorocamento, perda do horizonte A e assoreamento de planícies fluviais, que podem ser minimizadas pela manutenção de cobertura de vegetação nativa nos locais mais suscetíveis da baixa e média vertente (COELHO *et al.*, 2015). Por esse e outros motivos, é necessário ter conhecimento dos solos que compõem, que somando com as características físicas do ambiente, é possível realizar um diagnóstico detalhado que poderá servir como base para o gerenciamento, recuperação e gestão da bacia hidrográfica.

3.1.4.4 Gleissolo Háptico Eutrófico

Os Gleissolos são solos característicos de áreas alagadas ou sujeitas a alagamentos. Possuem coloração acinzentadas, azuladas ou esverdeadas, dentro de 50 cm da superfície. Podem ser férteis ou não e têm como principal limitação de uso a sua má drenagem. Ocupam principalmente as planícies de inundação de rios e córregos. (IBGE, 2007). Os Gleissolos são constituídos por material mineral, apresentado o horizonte glei nos primeiros 50 cm a partir da superfície do solo (EMBRAPA, 2018).

Devido à sua posição na paisagem, há, na gênese de alguns solos, a influência da topografia, condiciona a elevação do lençol freático e conseqüentes condições de baixo potencial de oxirredução. Assim, ocorre uma intensa redução de ferro, evidenciada nas cores cinzento-oliváceas, esverdeadas e azuladas, típicas do horizonte glei (SANTANA, 2003).

Na sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral predominam no baixo curso os Gleissolos Háptico Eutrófico, representando uma área de 0,17km². O baixo curso encontra-se situado na planície do rio Paraguai, ambiente sujeito a inundações e alagamentos, propício à formação desses solos. Esses solos ocorrem, principalmente, em superfícies aplainadas, em geral rebaixadas, em planícies aluviais e fundos de vales, locais que são favoráveis à saturação em água (SARTORI; LOMBARDI NETO; GENOVEZ, 2005). Essas características são encontradas na planície do rio Paraguai, onde está situado o baixo curso do córrego Taquaral.

3.1.5 Caracterização da Cobertura Vegetal e do Uso Antrópico

A cobertura vegetal da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral é diversificada; de acordo com Camargo (2011), ela apresenta três unidades de vegetação distintas: Savana Arborizada, Savana Florestada, Formação Savânica Associada a Vertentes, (com Encraves de Matas em Grotões de Drenagem e Floresta Aluvial).

A Savana Arborizada é encontrada em todos os cursos da sub-bacia, sendo a de maior predominância, ela está presente em manchas isoladas no alto e no baixo curso, e tem maior ocorrência no médio curso. A Savana Florestada está situada em pequenas manchas do baixo e médio curso. A Formação Savânica Associada às Vertentes, com Encraves de Matas em Grotões de Drenagem, encontra-se predominantemente no alto curso e a Floresta Aluvial corresponde ao baixo curso da sub-bacia.

Como formas de uso antrópico foram identificadas a agricultura, com o cultivo de algumas culturas temporárias (milho, cana-de-açúcar, abacaxi, feijão) e a pecuária de animais de grande porte que predominam na sub-bacia do córrego Taquaral.

3.1.5.1 Savana Arborizada

A Savana Arborizada é a unidade de vegetação de maior predominância na sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral, está presente em maior parte no médio curso, apresenta pequenas manchas isoladas no alto e baixo curso e, é onde também estão concentrados a maior parte das atividades agropecuárias encontradas no decorrer dos cursos da sub-bacia.

Essa unidade de vegetação corresponde ao Cerrado Típico, as plantas lenhosas são mais distantes e mais baixas que no cerradão, possuem alturas que variam entre 3 e 5 m. Como características apresentam um tapete gramíneo, que recobre o solo, arvoretas de troncos e galhos retorcidos e com casca espessa e folhas grandes. A vegetação pode deter variações fisionômicas e estruturais, influenciadas pelos aspectos pedológicos e perturbações antropogênicas (CAMARGO, 2011).

É uma formação natural ou antropizada que possui fisionomia nanofanerofítica rala e hemicriptofítica gramínoide contínua. As sinúsias (comunidade vegetal constituída por análogas, com hábito e exigências ecológicas semelhantes) formam fisionomias ora

abertas (Campo Cerrado), ora com a presença de *scrub* adensado (Cerrado propriamente dito). Sua composição florística possui espécies dominantes que caracterizam os ambientes de acordo com o espaço geográfico ocupado (IBGE, 2012).

Como espécies características da Savana Arborizada têm-se: o jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa*), ipê-do-cerrado (*Tabebuia caraiba*), araticum (*Annona coriacea*), entre outras. A ocorrência de lianas não se dá de forma agressiva, sendo, em sua maioria, herbáceas ou semi-lenhosas. No estrato arbóreo se destacam: o pau-pereira (*Aspidosperma macrocarpon*), pequi (*Caryocar brasiliensis*). No estrato herbáceo-graminóide predominam espécies das famílias *Poaceae* e *Cyperaceae* (GOMES; SANTOS, 2001).

3.1.5.2 Savana Florestada

A Savana Florestada, mais conhecida como Cerradão, possuem árvores que formam o dossel, de troncos grossos e sem tortuosidade. Não detêm um estrato arbustivo nítido, o estrato graminoso ocorre apenas nas bordas entremeando plantas lenhosas de pequeno porte. As plantas mais altas atingem 18 m e em média medem entre 9 e 12 m de altura (CAMARGO, 2011).

Na sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral há a ocorrência dessa unidade de vegetação no médio curso (apenas algumas manchas) e no baixo curso onde é mais comum na área da sub-bacia. Essas áreas têm como principais formas de uso antrópico, a agricultura de grãos e a pecuária, sendo que grande parte das áreas de florestas são utilizadas como pastos.

A Savana Florestada possui fisionomia típica e com características restritas a áreas areníticas lixiviadas com solos profundos, ocorrendo em clima tropical estacional. A sinúcias são lenhosas e de micro e nanofanerófitos (vegetação que não ultrapassa dois metros de altura), possuem ramificação irregular. A sua composição florística é caracterizada por dominantes fanerófitos típicos, como: *Caryocar brasiliense* Cambess (*Caryocaraceae* – pequi); *Salvertia convallariodora* (*Vochysiaceae* – pau-de-colher); *Bowdichia virgilioides* Kunth (*Fabaceae* Papilionoideae – sucupira-preta), entre outras (IBGE, 2012).

3.1.5.3 Formação Savânica Associada a Vertentes

A Formação Savânica Associada a Vertentes, ocorrem em áreas de vertentes íngremes, localizadas nas rupturas de relevo e em afloramentos rochosos, associada a cursos de água (CAMARGO, 2011). Na sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral essa unidade de vegetação está situada nas áreas que correspondem o alto curso da sub-bacia, principalmente, nos ambientes da Serra da Cachoeirinha, que está inserida na Província Serrana. Essas localidades apresentam pouca interferência antrópica por serem as áreas mais elevadas.

Esse tipo de vegetação possui como fisionomia dominante a Savana Arborizada com diversos níveis de biomassa. Nos locais mais encaixados da vertente, os “grotões”, e os pequenos cursos de água, somados com a menor exposição ao sol e os elevados índices de umidade, favorecerão o desenvolvimento de florestas semelhantes às Florestas Estacionais, mais conhecidas como “Matas de Grotões”. Entre as espécies observadas nas “Matas de Grotão” associadas às escarpas de planalto estão: gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium*), tapiriri (*Tapirira guianensis*), ipê 11 (*Tabebuia sp*), guatambú (*Aspidosperma sp*), canela (*Ocotea sp*), figueira (*Ficus sp*), pindaíba (*Xilopia sp*), entre outras (GOMES; SANTOS, 2001).

3.1.5.4 Floresta Aluvial

A Floresta Aluvial é encontrada predominantemente em solos aluvias, em planícies de inundação Sazonal dos rios. Possui composição florística distinta e menos diversa quando compara as formações de interflúvios. O baixo potencial madeireiro, a impossibilidade de exploração agrícola e a ausência de fogo colocam esse tipo de vegetação em situação privilegiada em relação à sua preservação (CAMARGO, 2011).

Porém, na sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral essa unidade de vegetação ocorre somente no baixo curso, no ambiente de confluência do canal principal com o rio Paraguai, e a realidade é totalmente diferente, pois esse ambiente, a planície de inundação, no período de estiagem, é utilizado como área para criação de animais, o que acarreta na alteração das características da vegetação da área.

Na Floresta Aluvial são encontradas espécies higrófilas, das quais se destacam: ingá (*Inga sp*), jenipapo (*Genipa americana*), olandi (*Calophyllum brasiliensis*) e leiteiro (*Sapium sp*). As palmeiras são indicadoras do tipo e das condições hídricas do solo, uma vez que maripá (*Attalea maripa*), bacuri (*Attalea phalerata*) e bacaba (*Oenocarpus sp*) dominam nas planícies aluviais.

Essas florestas apresentam-se com cerca de 25 m de altura, formando um estrato descontínuo de copas ralas e espaçadas, onde predomina a *Dimorphandra pennigera*. No estrato mais baixo, com cerca de 6 a 12 m, predominam a palmeira açai (*Euterpe oleracea*), guanandi (*Calophyllum sp*) e breu (*Protium sp*). Dentre as epífitas, destacam-se orquídeas (GOMES; SANTOS, 2001).

Segundo o RADAMBRASIL (1982), a Floresta Aluvial é uma formação ribeirinha, que ocupa as planícies do período Quaternário. Possui espécies com estrutura de rápido crescimento, de casca lisa, e alcançam grandes alturas, apresentam troncos em forma de botija e raízes tabulares. Não detêm dossel emergente e tem muitas palmeiras em seu estrato dominado, nas submatas existem plantas herbáceas de folhas enormes. Na sub-bacia do córrego Taquaral essa unidade de vegetação tem influência das características do relevo aplainado da Planície do rio Paraguai.

3.2 Procedimentos metodológicos

3.2.1 Trabalho de Gabinete

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram fundamentais as etapas de gabinete, campo e laboratório (ROSS; FIERZ, 2009). A pesquisa bibliográfica teve como ponto de partida, a etapa de gabinete, sendo realizada ao longo de todo o processo de investigação a partir de relatórios, livros, teses, dissertações, artigos científicos, dentre outros (LAKATOS; MARCONI, 2007).

3.2.1.1 Confecção das Bases Cartográficas

Através do Sistema de Informação Geográfica foi possível realizar as seguintes operações: delimitar a área da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral; obter informações referentes ao comprimento do canal principal; comprimento do eixo da sub-

bacia; perímetro; comprimento total dos canais; altitude do ponto mais alto do divisor topográfico, que serviram de base para os cálculos morfométricos e a elaboração do mapa de hierarquia hídrica.

Com o SIG também foi possível delimitar e identificar as características geoambientais presentes dentro da área da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral, como: geologia, pedologia, geomorfologia, uso e cobertura vegetal, declividade, precipitação média anual. Esses mapas foram utilizados como base à geração dos mapas de Fragilidade ambiental potencial e Fragilidade ambiental emergente.

Para os processos de georreferenciamento, segmentação e classificação utilizou-se o *Software Open Source Spring@ 5.2.7* disponível gratuitamente no *site* do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). A classificação de cores em arquivo vetorial (.shp) e *layout* dos mapas foram desenvolvidos pelo *Software ArcGis 10.2.1®*, do mesmo modo a utilização desse *software*, que possibilitou a delimitação da área pela função – método *ArcHidro*.

3.2.1.2 Parâmetros Morfométricos

Os dados obtidos através das análises morfométricas contribuíram para uma melhor caracterização dos aspectos topográficos, geológicos e geomorfológicos. Os parâmetros considerados nesse item são: hierarquia fluvial e as análises areais, lineares e hipsométricas (quadro 03).

Quadro 03. Parâmetros morfométricos que foram utilizados no estudo

PARÂMETROS LINEARES	FÓRMULA	PADRÃO DE REFERÊNCIA
Eps – Extensão do percurso superficial (km)	$Eps = \frac{1}{2 \cdot Dd}$ <p>Onde: Dd: Densidade de drenagem (km²)</p>	Esse parâmetro irá identificar a distância média que as enxurradas percorrem entre o interflúvio e canal permanente. (CHRISTOFOLETTI, 1980).

G – Gradiente de canais (%)	$G = \left(\frac{H}{L}\right) \cdot 100$ <p>Onde: H – Altitude máxima (m); h – Altitude da foz (m); L – Comprimento do canal principal (m).</p>	É a relação entre a diferença máxima de altitude entre o ponto de origem e o término, compreendendo também o comprimento dos canais. (CHRISTOFOLETTI, 1980).
I _{sin} – Índice de sinuosidade	$I_{sin} = \frac{L}{L_t}$ <p>Onde: L – Comprimento do rio principal (km); L_t – Comprimento do eixo da bacia (km).</p>	Os valores próximos a 1: indicam elevado controle estrutural ou alta energia; Os valores acima de 2: indicam baixa energia, sendo os valores intermediários relativos a formas transicionais entre canais retilíneos e meandantes. (VEIGA, SANTOS <i>et al.</i> , 2013).
AREAL		
F _f – Fator forma da bacia	$F_f = \frac{A}{L^2}$ <p>Onde: A – Área da bacia (km²); L – Comprimento do eixo (km).</p>	1,00 - 0,75: Circular, alta tendência; 0,75 - 0,50: Ovalada. tendência mediana; 0,50 - 0,30: Alongada. Baixa tendência; < 0,30: Comprida com tendência a conservação (nada propensa a enchente). (NARDINI; POLLO <i>et al.</i> , 2013).
I _c - Índice de circularidade	$I_c = \frac{12,57 \cdot A}{P^2}$ <p>Onde: A - Área da bacia (km²) P= Perímetro (km)</p>	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 a conservação (nada propensa a enchente). (NARDINI, POLLO, <i>et al.</i> , 2013).
K _c – Coeficiente de capacidade	$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi \cdot A}}$ <p>Onde:</p>	Valores entre 1,00 e 1,25: alta propensão; de 1,25 a 1,50: média; e valores superiores a 1,50 representam bacias não

	P – Perímetro da bacia (km); A – Área da bacia (km ²).	propensas a enchentes. (COSTA; LANÇA, 2011, p. 9).
Dr - Densidade de Rios	$Dr = \frac{N}{A}$ Onde: N = Número total de nascentes; A = Área da bacia (km ²).	Estabelece a relação entre o número de cursos d'água e a área, pode inferir maior capacidade de gerar canais, independentemente de suas extensões. (VEIGA, SANTOS, <i>et al.</i> , 2013).
Dd - Densidade de drenagem	$Dd = \frac{Lt}{A}$ Onde: Lt = Comprimento total dos canais (km); A = Área da bacia (km ²).	O resultado pode variar de 0,5 km/km ² em bacias pobremente drenadas a 3,5 km/km ² em bacias bem drenadas. (VILLELA; MATTOS, 1975).
HIPSOMÉTRICO		
Hm – Amplitude altimétrica máxima da bacia (m)	$Hm = AN - AF$ Onde: AF – Altitude da foz (m); AN – Altitude do ponto mais alto do divisor topográfico.	É a diferença altimétrica entre a bacia as altitudes das barras e do ponto mais alto da rede hidrográfica. (CHRISTOFOLETTI, 1980).
Rr – Relação de relevo (m m ⁻¹)	$Rr = \frac{Hm}{Lb}$ Onde: Hm – Amplitude topográfica máxima (m); Lb – Comprimento da bacia (m).	Quanto maior o valor de Rr, maior será o desnível entre a cabeceira e a foz, conseqüentemente maior será a declividade média da bacia, e maior o escoamento superficial. (SCHUMM, 1956).
Ir – Índice de rugosidade	$Ir = H \cdot Dd$ Onde: H – Amplitude altimétrica (km); Dd – Densidade de drenagem (km/km ²).	Quanto maior for o índice de rugosidade, mais colinoso e dissecado o relevo (maiores declividades), e canais mais entalhados. (CASTRO; CARVALHO, 2009).

Fonte: A Autora, (2019).

Com o auxílio do software *Arcgis*, foram obtidos os valores referentes a área da sub-bacia, perímetro, comprimento do rio principal, comprimento da sub-bacia, comprimento do eixo, comprimento total dos canais, altitude do ponto mais alto do divisor topográfico e o número de nascentes.

A partir desses dados, foram realizados os cálculos da extensão do percurso superficial, gradiente de canais, índice de sinuosidade, fator forma da bacia, índice de circularidade, coeficiente de capacidade, densidade de Rios, densidade de drenagem, amplitude altimétrica máxima da bacia, relação de relevo e índice de rugosidade, com o auxílio do *software Microsoft Office Excel*.

3.2.1.2.1 Hierarquia Fluvial

Essa classificação foi realizada a partir dos métodos propostos por Strahler (1957), onde: a ordenação de canais ocorre a partir dos afluentes de ponta de dedo menores, sendo esses, identificados como de ordem 1. Quando dois canais de primeira ordem se juntam, formam canais de ordem 2; onde dois de ordem 2 se juntam, um segmento de ordem 3 é formado; e assim por diante. O fluxo do tronco onde toda a descarga de água e sedimentos passa é, portanto, o segmento de fluxo da ordem mais alta, dessa forma se estabelece a hierarquia fluvial de uma bacia hidrográfica.

3.2.1.3 Procedimentos para mapeamento da Fragilidade Ambiental da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral

O mapeamento de fragilidade ambiental da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral foi realizado a partir da metodologia proposta por Ross (1994), que considerou as bases cartográficas referentes à declividades, pedologias, precipitações médias anuais e usos e cobertura vegetal.

Baseado no conceito de Unidades Ecodinâmicas de Tricart (1977), Ross (1994), desenvolveu a metodologia intitulada Análise Empírica de Fragilidade Ambiental. Essa análise é utilizada no âmbito da Geografia para estudos de fragilidade de ambientes. Através dela, é possível identificar as vulnerabilidades e as potencialidades de um determinado ambiente, por esse motivo, essa metodologia é de grande importância no âmbito da análise ambiental e do planejamento desses ambientes (MESSIAS *et al.*, 2012).

Ross (op. cit.), salienta, que para realizar a análise da fragilidade de um determinado ambiente, é preciso ter conhecimento referentes à geologia, solos, cobertura vegetal, uso da terra e clima. Para caracterizar o relevo, deve ser considerada a escala do objeto de

estudo, para escalas médias e pequenas é indicado o uso dos índices de dissecação do relevo, já nas escalas grandes, deve-se utilizar as formas de vertentes e classes de declividade.

Para o estudo dos solos, foi criada uma tabela com as classes de fragilidade dos solos, que apresenta os valores referentes à erodibilidade dos solos. Por fim, a análise de uso e cobertura vegetal foi feita através da interpretação de imagens de satélite e trabalhos de campo, tendo como base de análise a tabela de graus de proteção do solo pela cobertura vegetal (ROSS, 1994).

A metodologia proposta por Ross (op. cit.), estabelece cinco classes para cada uma dessas variáveis, considerando o grau de vulnerabilidade de cada uma. Assim, os valores próximos de 1,0, indicarão grau de fragilidade mais baixa, os intermediários serão indicados através dos valores próximos a 3,0 e os de fragilidade muito alta, serão indicados através do algarismo 5,0, conforme o indicado abaixo:

- Índice de Declividade Média do relevo (DM): o peso 1 para menor declividade e peso 5 para um maior índice de declividade;
- Classe de fragilidade dos solos: gradação dos tipos de solos menos susceptível a erosão com valores variando de 1 a 5 ao mais susceptível;
- Uso e cobertura vegetal: o menor peso 1 para os tipos de cobertura vegetal que oferecem maior proteção ao solo e o valor 5 para o tipo que oferecem menor proteção;
- Comportamento pluviométrico anual: o peso 1 é indicado para locais onde a situação pluviométrica é regular com médias de volumes 1.000 mm/ano e peso 5 para volumes anuais que ultrapassam 2.500 mm/ano.

As classes de declividade contribuirão na identificação dos processos erosivos, bem como os riscos em que compreendem a bacia como: deslizamentos, inundações e alagamentos. Quanto maior for a inclinação do relevo, maior será a velocidade do escoamento, menor infiltração da água e maior serão as perspectivas de picos de enchentes (PADILHA, 2008). Portanto, a declividade é um parâmetro importante, uma vez que através dela, é possível analisar as áreas da bacia hidrográfica com maior vulnerabilidade ambiental.

Desse modo, de acordo com a EMBRAPA (2006), têm-se as seguintes classes de relevo:

- Plano, com topografia horizontal, com desnivelamentos muito pequenos e declividades variáveis de 0 a 3%;
- Suave ondulado, com a superfície de topografia pouco movimentada, com elevações de 50 a 100 m e declives suaves de 3 a 8%;
- Ondulado, constituindo de superfícies topográficas pouco movimentadas, apresentando declives moderados de 8 a 20%;
- 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%;
- Montanhoso, topografia com predomínio de formas acidentadas, constituídas por desnivelamentos grandes, declives fortes ou muito fortes de 45 a 75%;
- Escarpado, com predominância de formas abruptas, de superfícies muito íngremes, geralmente ultrapassando 75%.

Os graus de fragilidade ambiental agregados à cada classe de relevo estão representados no quadro 04.

Quadro 04. Categorias hierárquicas das Classes de Declividade

Grau de fragilidade	Categorias hierárquicas	Classes de declividade
1	Muito Fraca	Até 6%
2	Fraca	De 6 a 12%
3	Média	De 12 a 20%
4	Forte	De 20 a 30%
5	Muito Forte	Acima de 30%

Fonte: Ross, (1994).

As classes de fragilidade dos solos estabelecerão a resistência dos diferentes tipos de solos da área aos processos de erosão, sendo que essa resistência é uma característica própria dos materiais que compõem o solo, tais como textura, teor de matéria orgânica, entre outros (ARAÚJO, 2000).

Para estimar as classes de fragilidade dos solos da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral, foi utilizado como base o mapeamento de pedologia, obtido através das bases cartográficas do RADAMBRASIL (1982), os solos presentes na área do córrego Taquaral estão representados no quadro 05, assim como, o grau de fragilidade de cada um.

Quadro 05. Classes de Fragilidade dos Solos

Grau de fragilidade	Níveis hierárquicos	Tipos de solos da sub-bacia em estudo
3	Média	Argissolo Vermelho – Amarelo, textura média/argilosa
4	Forte	Argissolos Vermelho-Amarelo, Cambissolos.
5	Muito Forte	Argissolos cascalhentos, Neossolos Litólicos e Gleissolos.

Fonte: Ross, (1994).

Para a elaboração do mapa de uso do solo e cobertura vegetal, foi utilizado como ferramenta o *software ArcGis*, e para confirmar os dados gerados no mapa, foram usados os dados coletados nos dois trabalhos de campo realizados no decorrer da coleta de dados da pesquisa. Por fim, foi realizada a avaliação dos graus de proteção do solo de acordo com a quadro 06, proposta por Ross (op. cit.).

Quadro 06. Graus de proteção do solo em função dos tipos de Cobertura Vegetal

Grau de fragilidade	Níveis hierárquicos	Tipologias de uso da terra e cobertura vegetal
1	Muito Baixa à Nula	Florestas; Matas naturais; Florestas cultivadas com biodiversidade.
2	Baixa	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 como a caça.
3	Média	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.
4	Alta	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).
5	Muito Alta	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).

As informações climatológicas, também constituem um parâmetro de grande relevância para a análise da fragilidade ambiental, principalmente os dados relativos à precipitação, pois esses exercem ação direta na dinâmica do sistema ambiental. Além disso, a distribuição da precipitação é responsável por regular o regime hídrico e exerce influência direta nas características do relevo por meio do intemperismo e erosão (MASSA; ROSS, 2012). Como base para essa pesquisa, foram utilizados como base de referência os dados presentes no quadro 07.

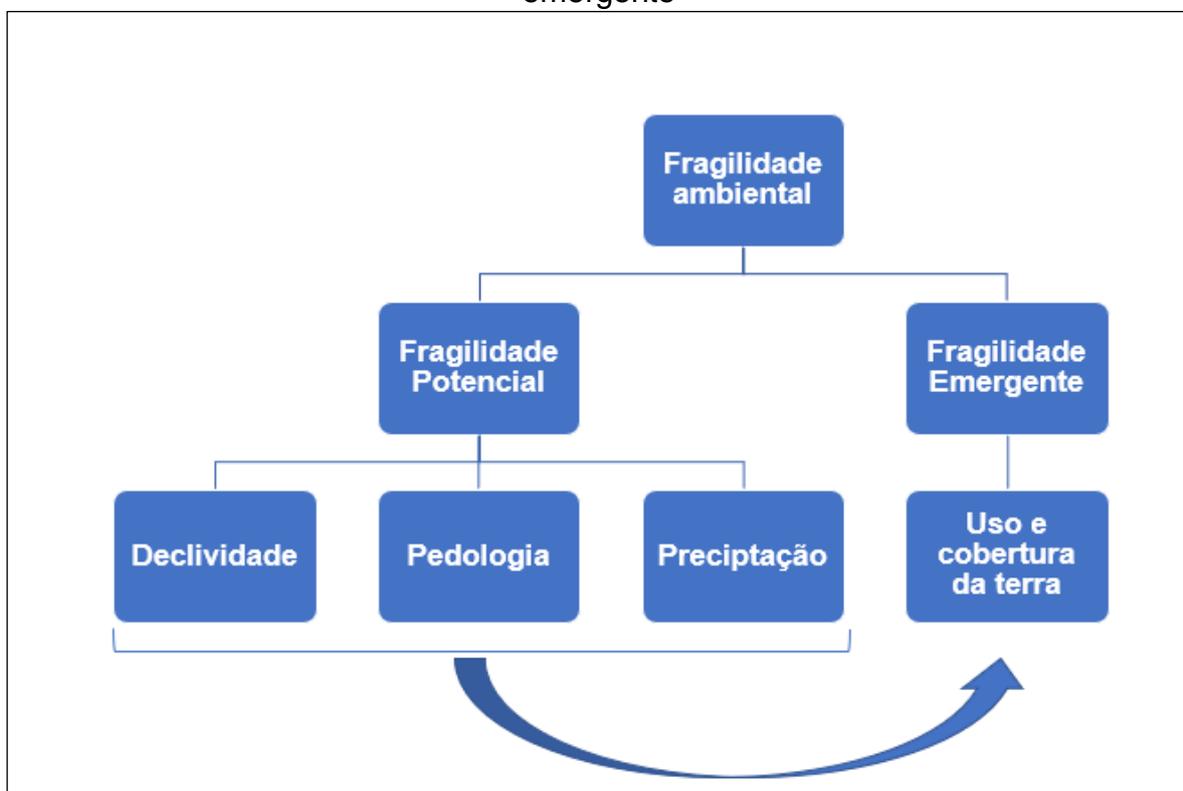
Quadro 07. Níveis hierárquicos dos comportamentos pluviométricos

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 1000 mm/ano.
2	Baixa	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 2000 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 2500 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).

Após o levantamento dos níveis de declividade, classes de solos, uso e cobertura vegetal e comportamento pluviométricos presentes na área da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral, foram atribuídos os valores apresentados nas tabelas 02, 03, 04 e 05 para cada caso, posteriormente, foram cruzados os dados obtidos de declividade, pedologia e precipitação, que resultou no mapa de fragilidade ambiental potencial. Logo em seguida, foi agregado a esses dados, as informações de uso e cobertura vegetal, que gerou o mapa de fragilidade ambiental emergente, conforme ilustra a figura 05.

Figura 05. Esquema de elaboração dos mapas de fragilidade ambiental potencial e emergente



Fonte: A Autora, (2019).

3.2.2 Atividade de Campo

As coletas de dados foram realizadas em dois campos, sendo um no período de cheia e o outro no período de estiagem, onde realizou-se, também, a coleta de sedimentos de fundo bem como de suspensão e valores referentes à largura, profundidade, área

molhada e velocidade do fluxo, que serviram à obtenção da vazão de cada uma das seções analisadas e como base para quantificar o aporte de sedimentos da sub-bacia.

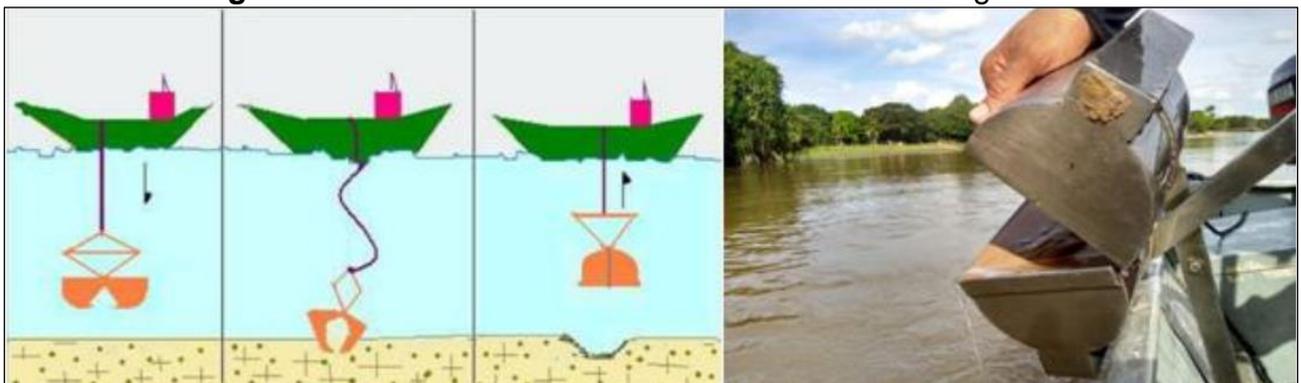
3.2.2.1 Variáveis hidrodinâmicas

Em campo, para obter os valores de velocidade, foi utilizado o molinete fluviométrico Global Water FP211, para tanto foi mensurado em nove pontos da seção transversal. Enquanto para as medidas das larguras e profundidades foram utilizadas fita métrica.

3.2.2.2 Coleta de sedimentos (fundo e suspensão)

Para a coleta das amostras de água, foram utilizadas garrafas de 1L, as mesmas foram esterilizadas com a água do próprio canal, por duas vezes, com os devidos cuidados para não movimentarem os materiais do fundo do canal. Após esse processo, as amostras foram submetidas ao armazenamento em caixa térmica até a posterior análise em laboratório. Para a coleta dos sedimentos de fundo foi utilizada a Draga de Vanveen (figura 07) e na sequência, foram colocados em sacolas plásticas devidamente identificadas.

Figura 06. Coleta dos sedimentos de fundo com a draga de Vanveen



Fonte: A Autora, (2019).

3.2.3 Atividade de Laboratório

No laboratório, foram realizadas as análises dos sedimentos de fundo e suspensão coletados durante a atividade de campo. Para obter o cálculo da vazão de cada seção foi

utilizado o cálculo proposto por Cunha (2009); os valores referentes a descarga sólida suspensa foram obtidos através do cálculo proposto por Carvalho (2008); para a quantificação da carga de sedimentos suspensos foi utilizado o método de evaporação proposto por Carvalho (2008); e para realizar a análise granulométrica dos sedimentos de fundo foram utilizados os métodos de pipetagem. (EMBRAPA, 2017) e peneiramento (SUGUIO, 1973).

As análises hidrossedimentológicas foram realizadas no Laboratório de Pesquisa e Ensino em Geomorfologia Fluvial “Sandra Baptista Cunha”, (LAPEGEOF) na Universidade do Estado de Mato Grosso, no Câmpus de Cáceres.

3.2.3.1 Método de Evaporação

Em laboratório, essas amostras foram submetidas ao método de Evaporação, na execução desse método a amostra, água-sedimento, foi submetida à estufa a 105 C° em recipiente adequado à evaporação (béquer) para secagem. Depois de algumas horas, quando o sedimento estiver seco, remove-se para o dessecador, para posterior pesagem, a diferença de peso equivale a quantidade do material em suspensão (CARVALHO, 2008; LELI; STEVAUX; NÓBREGA, 2010).

3.2.3.2 Análise da composição granulométrica

Para quantificar as frações de argila e de silte foi adotada pipetagem (EMBRAPA, 2017). Para quantificação das frações de areia (grossa, média e fina), ocorreu a partir do ensaio de peneiramento e a partir de processo mecânico no agitador eletromagnético (SUGUIO, 1973; SOUZA; VENDRAMI; SOUZA, 2012)

3.2.3.2.1 Método da pipeta (Dispersão total)

O método de pipetagem, foi realizado conforme a metodologia proposta pela EMBRAPA (2017). Após a coleta das amostras em campo, elas foram acondicionadas em estufa a 105°C, posteriormente, foi separada 20 g de cada amostra em béqueres,

devidamente pesadas em balança de precisão (figura 8a), adicionaram-se 10 mL de solução dispersante (NaOH 0,1M. L-1) e mais 100 mL de água. Em seguida, as amostras foram agitadas com um bastão por 30 s e tampadas com vidro de relógio, elas ficaram em repouso por cerca de uma noite.

Transcorrido o tempo de repouso, as amostras foram para as garrafas de Stohlmann e colocadas no Agitador de Wagner TE-160 (figura 8b), onde elas passaram por um novo processo de agitação por cerca de 15 minutos. Na sequência, o material foi lavado em uma peneira de 20 cm de diâmetro e malha de 0,053 (nº 270). O silte e a argila passaram para a proveta de 1.000 ml (figura 8c) e a areia que ficou retida na peneira foi colocada em béqueres.

O material da proveta foi novamente agitado com um bastão de vidro por 30 s. Posteriormente, essa solução submeteu-se a um tempo de repouso, estabelecido a partir da temperatura do material no momento (obtida por um termômetro) e conforme a tabela de temperatura e tempo de sedimentação.

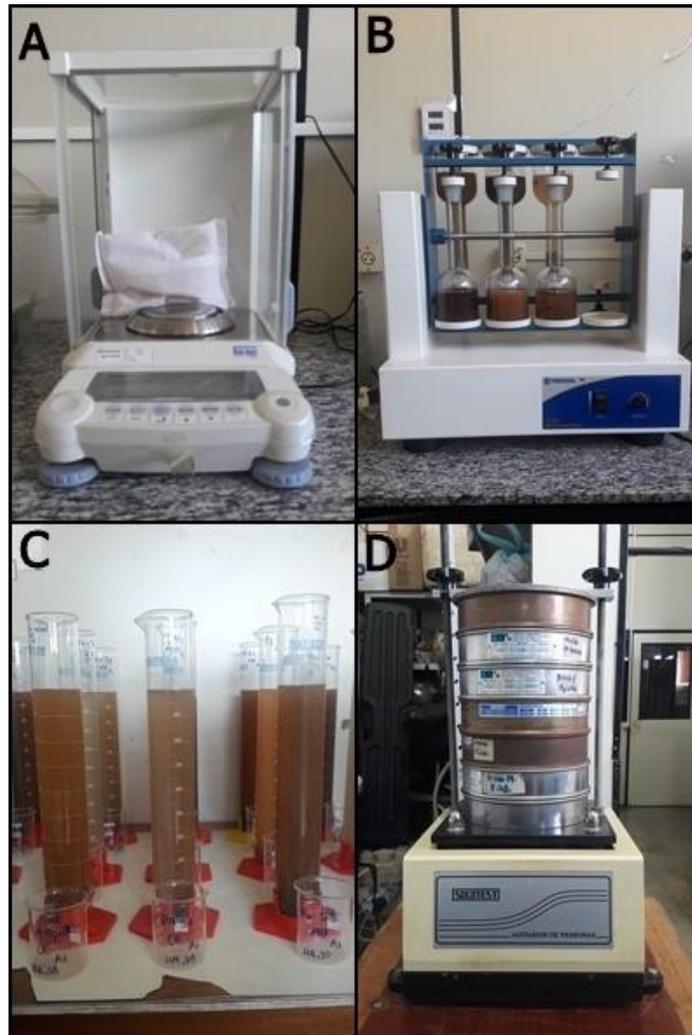
Depois de transcorrido o tempo de sedimentação, foram retirados 5 cm de cada amostra com o auxílio de uma pipeta, assim, os valores de argila se estabeleceram. Por fim, o material retirado da proveta (em suspensão) foi transferido para béqueres (devidamente pesados e identificados) e levados a estufa a 105°C.

Depois de secas, pesaram-se e calcularam-se as frações de areias (submetidas ao método de peneiramento) e argila para cada amostra. O valor da fração de silte foi obtida através da soma das areias + argila e subtraídas pelas 20 g iniciais (obtido por diferença das outras frações em relação à amostra). Assim foram realizados dois ensaios por amostras coletadas.

3.2.3.2.2 Método de Peneiramento

Após a separação do material grosseiro (areias), do material fino (argila e silte), realizado a partir do método anterior, o mesmo foi secado em estufa e, posteriormente, submetido ao processo mecânico de peneiramento no Agitador Eletromagnético de Peneiras (figura 8d), com sequência de peneiras padronizadas por 5min. O material retido em cada sequência de peneiras foi pesado separadamente, quando se determinaram as frações de Areia Grossa, Areia Média e Areia Fina (SUGUIO, 1973).

Figura 07. Equipamentos utilizados nas análises das amostras de sedimentos



Fonte: A Autora, (2018).; (A) Balança de precisão; (B) Agitador de Wagner; (C) Provetas; (D) Agitador de Peneiras.

3.2.3.3 Cálculo de vazão

A vazão foi obtida com os dados de campo e com uso da fórmula, conforme Cunha (2009):

- L – Largura (m);
- P – Profundidade (m);
- V – Velocidade (m/s);
- A - Área da seção molhada (m²);

- Q - Vazão (m³/s).

Para tanto, a área da seção (A) é o produto da relação L x P (A = L x P). Para obter o cálculo da vazão foi utilizada a seguinte fórmula: $Q = V \times A$, onde: Q = Vazão; V = Velocidade das águas; A = Área (CUNHA, 2009).

3.2.3.4 Cálculo da Descarga sólida suspensa

O cálculo da descarga sólida suspensa em toneladas ao dia, apresentado por Carvalho (2008), foi estimado por meio da equação: $Q_{ss} = \sum (c_{ssi} \cdot Q_{li}) \cdot 0,0864$, onde:

- **Q_{ss}** = descarga sólida em suspensão (t/dia-1);
- **C_{ssi}** = concentração de sedimentos em suspensão da vertical (mg/l-1);
- **Q_{li}** = descarga líquida da respectiva vertical (m³/s-1);
- **0,0864** = segundos totais em 24 horas.

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Características morfométricas, variáveis hidrodinâmicas na sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral

A caracterização morfométrica da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral permitiu verificar a distribuição e disponibilidade de água, o comportamento hídrico e a influência dos condicionantes ambientais, foi considerado: a extensão do percurso superficial, o gradiente de canais, índice de sinuosidade, fator forma, índice de circularidade, coeficiente de capacidade, densidade de rios e de drenagem, coeficiente manutenção, relação relevo, índice de rugosidade, declividade média, entre outros (quadro 03).

A sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral apresenta uma área total de 143,90km², o perímetro obtido é de 75,87km. O comprimento do canal principal é de 39,16km, a sub-bacia possui 56 canais em sua rede de drenagem e o comprimento total desses canais é de 108,29km. Desses 56 canais, 48 equivalem a canais de primeira ordem (as nascentes), 7 de segunda ordem e 1 de terceira ordem. O comprimento do eixo é de 35,75km (tabela 01).

Tabela 01. Parâmetros morfológicos e morfométricos da sub-bacia do córrego Taquaral

Parâmetros morfológicos e morfométricos	
Parâmetro	Total/valor
Área da bacia (km ²)	143,90
Perímetro (km)	75,87
Comprimento do canal principal (km)	39,16
Comprimento total dos canais (km)	108,29
Comprimento do eixo da bacia (km)	35,75
Altitude média (m)	513
Ordem	3 ^o
Número de nascentes	48
Linear	
Extensão do Percurso Superficial (km)	0,69
Gradiente de canais (%)	6,25
Índice de sinuosidade	1,09
Areal	
Fator forma da bacia	0,11

Índice de circularidade	0,31
Coeficiente de capacidade	1,78
Densidade de rios (canais/km ²)	0,33
Densidade de drenagem (km/km ²)	0,75
Hipsométricos	
Amplitude altimétrica máxima da bacia (m)	478
Relação de relevo (m/km)	13,37
Índice de rugosidade	344,16
Declividade média (%)	22,50

Fonte: A Autora, (2019).

As informações relacionadas à área, perímetro, comprimento do rio principal, comprimento total dos canais e do eixo da bacia, são informações que servem como suporte para determinar os demais parâmetros morfométricas de uma bacia hidrográfica.

A sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral é controlada pela estrutura geológica e geomorfológica da Província Serrana, por esse motivo, a direção do fluxo da rede de drenagem da sub-bacia flui a partir da inclinação das camadas sinclinais da Província Serrana, encaixando-se nos fundos de vales da Depressão do rio Paraguai, adquirindo características de drenagem subsequente. Porém, a direção do fluxo é contrária ao do rio principal que está a jusante (rio Paraguai), essa característica atribui a sub-bacia, a drenagem obsequente.

O padrão de drenagem da sub-bacia do córrego Taquaral é treliça, por possuir um sistema de drenagem mais retangular e estar encaixada entre as feições estruturais da Província Serrana. Outro fator influenciado pela litologia, é o índice de sinuosidade do canal principal, o valor foi de 1,09, o que indica que o mesmo possui tendência de possuir padrão retilíneo.

De acordo com Christofolletti (1980), as bacias hidrográficas podem ser classificadas conforme o escoamento global em: exorreicas, endorreicas, arreicas e criptorreicas. O córrego Taquaral, segundo a classificação proposta acima é exorreica, pois a mesma é afluente da margem esquerda do rio Paraguai, que por sua vez faz parte da bacia platina que desagua em um ambiente marinho, sendo este o Oceano Atlântico.

O fator forma da bacia é de 0,11, índice de circularidade 0,31 e coeficiente de capacidade 1,78 demonstra que a sub-bacia possui forma irregular e alongada, com tendência a conservação, e com baixa suscetibilidade a enchentes. O que evidencia uma alta capacidade de escoamento superficial, pois, possui vazões mais regulares,

influenciado, em grande parte, pela predominância dos Argissolos Vermelho-Amarelos em grande parte da área da sub-bacia.

Outro parâmetro que confirma os dados acima é o resultado da extensão de percurso superficial, sendo essa equivalente a 0,69 km, que revela que as águas originadas pela precipitação percorrem um curto trajeto até alcançar algum canal, o que significa que existem poucos agentes controladores para o escoamento superficial na sub-bacia.

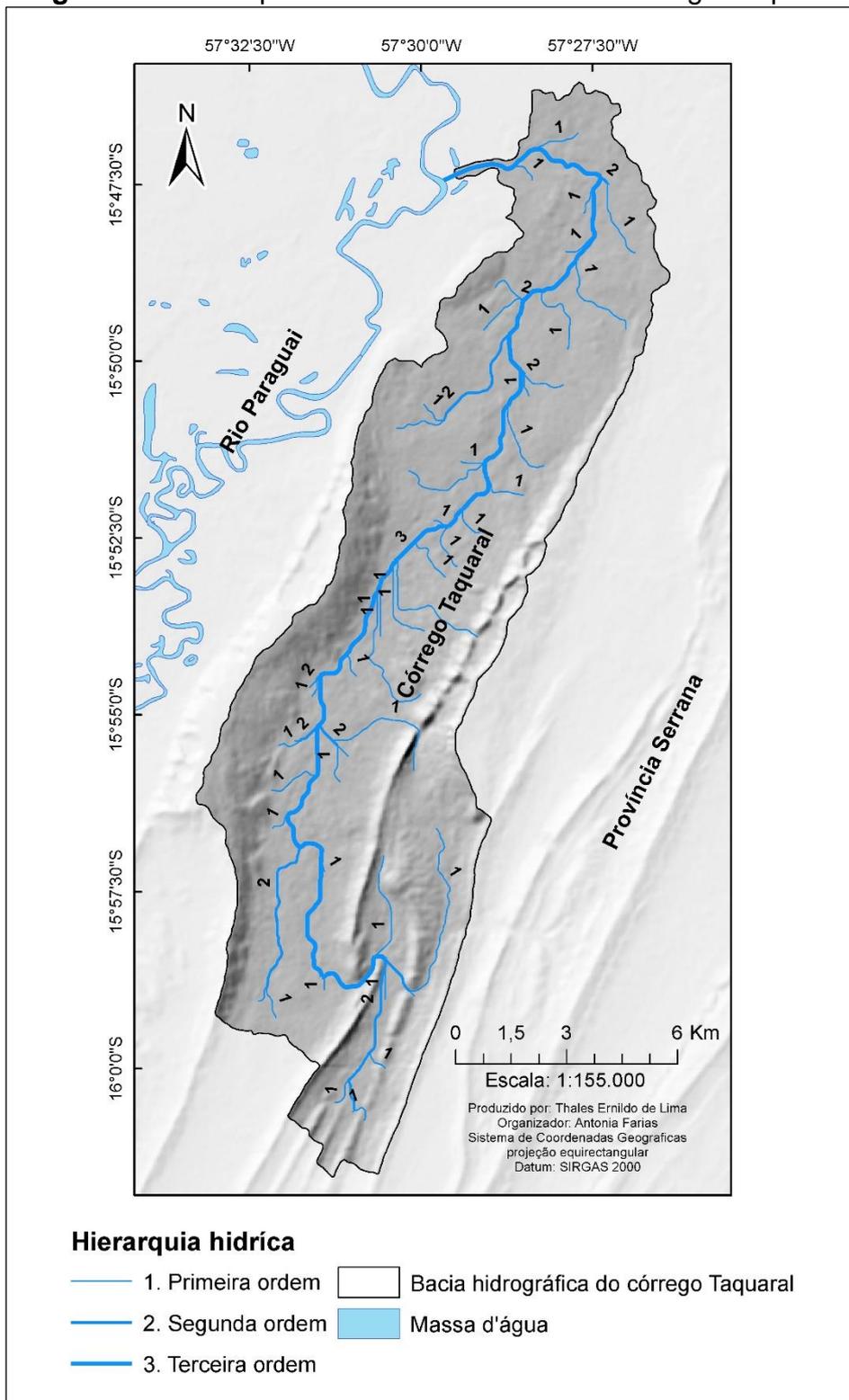
Pinto Junior e Rossete (2005), realizaram a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica Ribeirão Cachoeira-MT e obtiveram valor extensão do percurso superficial igual a 35,16 m, sendo esse, maior do que o encontrado na sub-bacia do córrego Taquaral. Os autores identificaram, ainda, a vegetação do local como fator controlador do escoamento da área. Soares e Souza (2012), que analisaram a morfometria da bacia hidrográfica do rio Pequeno dos Pinhais-PR, encontraram dados de extensão do percurso superficial menor que a da sub-bacia do córrego Taquaral, sendo este, equivalente a 0,19 km.

Andrade *et al.* (2014), ao realizarem estudos morfométricos na bacia do Riacho do Cabuçu, encontraram valores de fator forma igual a 0,18, índice de circularidade 0,41 e coeficiente de capacidade equivalente a 1,55, sendo essas características, semelhantes às encontradas na sub-bacia do córrego Taquaral. Gonçalves (2016), ao analisar as características morfométricas da bacia hidrográfica do córrego Santo Antônio, também encontrou valores de índice de capacidade e índice de circularidade semelhante ao do córrego Taquaral, sendo esses 1,3 e 0,54, respectivamente.

A sub-bacia do córrego Taquaral foi classificada como de 3ª ordem (figura 09), ou seja, possui poucas ramificações, sendo caracterizada como pouco drenada, sendo que a bacia possui predomínio de canais de 1ª ordem com 79,54% do total geral, presentes na maior parte dentro da Formação Sepotuba, que favorece a formação de novos cursos de água por conta de suas características litológicas. Os canais de 2ª ordem são apenas 7.

Vilela Filho e Vitte (2005), ressaltam, que em bacias hidrográficas onde há o predomínio de canais de 1ª ordem, maior será a fragilidade da paisagem, pois, esse parâmetro indica uma maior dissecação do relevo, provocado por controle estrutural, como falhas, fraturas ou dobramentos. No caso da sub-bacia do córrego Taquaral o controle estrutural ocorre pela Província Serrana, que apresenta superfície tabular e formas aguçadas, a maior parte dos canais que formam a rede de drenagem do córrego Taquaral nascem nas serras da Poção, Chapadinha e Bebedouro que compõem a Província.

Figura 08. Hierarquia hídrica da sub-bacia do córrego Taquaral



A densidade de rios estabelece a capacidade da bacia hidrográfica em gerar novos cursos fluviais. Na sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral o valor obtido foi 0,33 canais/km², o que indica que ela possui baixa capacidade de gerar novos cursos de água. Esse resultado está associado ao controle estrutural das características geológicas (ocorrência de calcário) e geomorfológicas.

A densidade de drenagem pode mostrar o grau de disponibilidade hídrica, influenciado pela infiltração da água em determinado tipo de solo, o tipo cobertura vegetal e a ocorrência litológica (tipos de rochas, resistência, percolação). Conforme Villela e Matos (1975), a densidade de drenagem em uma bacia hidrográfica pode variar entre 0,5 km/km² em bacias pobremente drenadas a 3,5 km/km² em bacias bem drenadas.

Na sub-bacia do córrego Taquaral o comprimento total dos canais é 108,29 km, assim, o resultado relacionado à densidade de drenagem encontrado foi 0,75 km/km², indicando que a sub-bacia é pobremente drenada. Santos (2013), verificou as densidades de rios e drenagem na bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha obtendo 0,10 canais/km² e 0,57 km/km², respectivamente, sendo valores menores do que os encontrados no córrego Taquaral, indicando, também, uma bacia pobremente drenada.

Souza (2015), ao estudar a bacia hidrográfica do córrego Salobra, encontrou valores de densidade de rios igual a 0,084 canais/km² e densidade de drenagem de 0,21km/km², sendo também considerada como uma bacia pobremente drenada. Já Gonçalves (2016), ao analisar as características morfométricas da bacia hidrográfica do córrego Santo Antônio (São Paulo), encontrou densidade de drenagem de 3,21km/km², caracterizando a bacia como bem drenada, esse valor é superior ao identificado na sub-bacia do córrego Taquaral.

Dessa forma, os resultados obtidos através das densidades de rios e drenagem, mostram que o sistema de drenagem da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral é pobre. A sub-bacia está inserida dentro de três formações geológicas distintas: A Formação Araras (calcário); a Formação Raizana (arenito); e a Formação Sepotuba (folhelho e siltito) (figura 02).

A Formação Araras é formada basicamente por rochas calcárias, e como é possível observar na figura 02, o alto curso da sub-bacia do córrego Taquaral percorre nessa formação, isso pode ser explicado a partir da influência exercida pelo calcário presente nessa formação, pois o mesmo contribui para o armazenamento de água no subsolo, não favorecendo o escoamento da rede de drenagem.

A Formação Raizana constituída por arenitos exerce influência no alto e médio curso, e, como é possível notar no mapa geológico, nas áreas onde está presente essa formação também se encontram com poucos cursos de águas, pois o arenito facilita a infiltração da água das chuvas nos solos, não favorecendo o escoamento da rede de drenagem.

Ao observar o mapa de geologia da área (figura 02), nota-se que os ambientes com maior quantidade de afluentes da sub-bacia estão na Formação Sepotuba, isso porque essa formação possui, como materiais de origem, os siltitos e folhelhos e, além disso, parte dessa formação é composta pelos Argissolos Vermelho-Amarelo, indicando maior concentração de argila no solo, o que dificulta a infiltração das águas das chuvas, assim, o escoamento superficial ocorrerá de forma menos acelerada e, conseqüentemente, favorecerá a esculturação do ambiente e a formação de novos cursos de água.

As características climáticas também constituem um fator que deve se levar em consideração nesse item, uma vez que a região onde a sub-bacia do córrego Taquaral está situada, possui duas estações climáticas bem definidas (seca e chuvosa), influenciando diretamente na manutenção do sistema de drenagem da bacia.

Vale ressaltar também, que as atividades antrópicas exercidas ao longo de todos os cursos da sub-bacia, contribuem à retirada da vegetação nas encostas, acelerando o escoamento superficial, não permitindo o abastecimento dos aquíferos, sem mencionar, que a cobertura vegetal da área é basicamente de espécies arbustivas do cerrado, o que pode não oferecer proteção adequada ao solo da área, o que resulta, também, na aceleração do escoamento superficial.

O relevo é um dos principais influenciadores nas características fisiográficas de uma bacia hidrográfica, como dito anteriormente, a sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral está inserida entre os vales e conjuntos de serras que compõem a Província Serrana de Cáceres-MT, tendo seu sistema de drenagem fortemente influenciado pelas características geológicas e geomorfológicas da província. Os parâmetros descritos abaixo estão relacionados às características dos relevos.

A amplitude altimétrica máxima da bacia é de 478m, a relação relevo foi de 13,37m/km que representa um desnível no relevo da bacia de 13,37m a cada 1km. O índice de rugosidade do relevo da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral foi de 344,16, o que indica que esse ambiente possui relevos com médios declives e colinoso, resultando em canais mais entalhados e baixa densidade de drenagem. Por serem áreas com baixa

declividade, a velocidade do escoamento superficial é menor, assim como, a capacidade de transporte de sedimentos de maior granulometria. Esse resultado é confirmado a partir dos dados de declividade média e gradiente de canais.

Nunes *et al.* (2006), ao estudarem as características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Atuba-PR, encontrou valor referente à relação relevo semelhante ao do córrego Taquaral, sendo esses 9,52m/km. Soares e Souza (op. cit.) na bacia hidrográfica do rio Pequeno, em São José dos Pinhais-PR obtiveram resultados de amplitude altimétrica igual a 300m, relação relevo de 10,32m/km e índice de rugosidade equivalente a 783, sendo que, somente o valor de I_r foi maior que o do córrego Taquaral.

A sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral possui a declividade média de 22,50%, sendo possível caracterizar seu relevo do modo geral, segundo a EMBRAPA (2006), como forte-ondulado, com superfícies de topografia movimentada e sua altitude variante entre 50 a 200m.

No mapa de declividade é possível observar que os níveis de declividade predominantes na área da sub-bacia são: o plano (21,03%), suave-ondulado (36,90%) e ondulado (21,28%). O plano e o suave-ondulado estão presentes em todos os cursos da sub-bacia, por estar em áreas da Depressão do rio Paraguai, seu nível de declividade não ultrapassam os 8%.

Nesses ambientes, o sistema de drenagem da sub-bacia do córrego Taquaral apresenta o maior número de afluentes, pois em áreas com baixa declividade, o escoamento superficial ocorre em menor velocidade. Vale ressaltar, ainda, que a pedologia (Argissolos Vermelho-Amarelos), os elementos geológicos da Formação Sepotuba e as formas de uso e cobertura, também são fatores que contribuem às características da rede de drenagem nesses ambientes de relevos menos declivosos.

Os resultados descritos acima confirmam o resultado obtido do gradiente de canais do córrego Taquaral, onde o valor foi de 6,25%, mostrando que o nível de inclinação dos canais da sub-bacia é baixo, estando presentes, em grande parte, em áreas que o relevo é suavemente-ondulado.

O relevo ondulado está situado em partes do alto e médio curso da sub-bacia, são áreas compostas pelas serras da Poção, Chapadinha e bebedouro (Província Serrana). Nesses locais os níveis de declividade são de até 20%, onde nascem os principais cursos de água da sub-bacia do córrego Taquaral, são relevos que possuem características das

formações Raizama (arenito) e Araras (calcário). Os relevos forte-ondulados (16,68%), escarpados (3,84%) e forte-escarpados (0,27%), também estão inseridos nesses mesmos ambientes e são as áreas mais elevadas da bacia com níveis de declividade > 75%.

Tonello *et al.* (2006), analisaram as características morfométricas da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas/MG, e encontraram valor de declividade média superior ao da sub-bacia do córrego Taquaral, igual a 33,9%, sendo esse relevo caracterizado como forte-ondulado. Já Santos *et al.* (2012), que realizaram a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio São José-PR, identificaram níveis de declividade média de 5%, o que indica um relevo suave-ondulado na área da bacia, esse resultado é menor do que o da sub-bacia do córrego Taquaral.

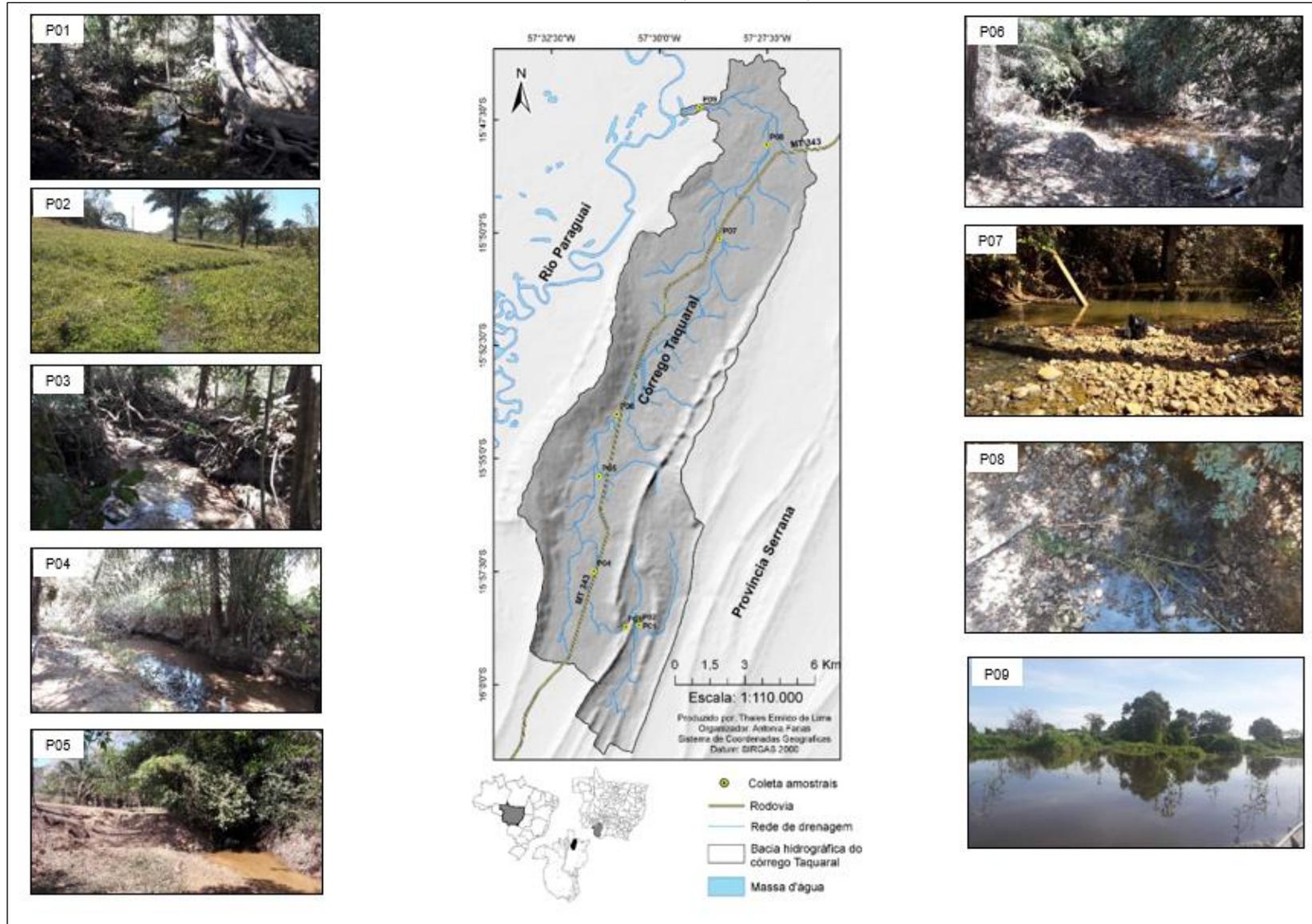
4.2 Variáveis Hidrodinâmicas

O estudo apresenta os resultados sobre o aporte de sedimentos (sedimentos de fundo, concentração de sedimentos e carga sólida suspensa) e vazão em 9 seções transversais ao longo do perfil longitudinal do córrego Taquaral (figura 09).

A nascente principal flui no vale da Província Serrana, entre as serras da Poção, Piraputangas, Cachoeirinha e nas ocorrências geológicas da Formação Araras (calcários) e Formação Raizama (arenito) a drenagem percorre trechos da Depressão do rio Paraguai nas formações geológicas (Formação Sepotuba e Formação Pantanal) e desagua na baía Redonda na planície do rio Paraguai, litologicamente em aluviões atuais.

No decorrer de seus percursos, a sub-bacia apresenta alguns trechos modificados por ações antrópicas. No alto curso, por exemplo, foi construído um barramento para a formação de um açude usado na criação de animais; no médio curso, mais precisamente próximo as seções IV e V, houve um desvio do curso natural do rio principal através de um aterro, para a construção de duas pontes na MT-343. Essas alterações afetam diretamente as características fisiográficas e a dinâmica fluvial da sub-bacia.

Figura 09. Mapa de localização das seções de coleta



Fonte: A Autora, (2019).

Nas seções III, IV, VII e VIII foi possível observar afloramentos rochosos nas duas margens do canal, assim como, fragmentos de rochas no leito, sendo mais visíveis nas seções VII e VIII (figura 09). As rochas encontradas, principalmente nas seções III e IV, são calcários e arenitos originados das Formações Araras e Raizama, onde estão situadas as nascentes e alguns dos afluentes.

As principais formas de uso da terra identificadas na área da sub-bacia do córrego Taquaral foram a pecuária e o cultivo de culturas temporárias como: milho, cana-de-açúcar, feijão, mandioca, entre outros. Essas atividades ocorrem próximas e/ou no leito do córrego, alterando a dinâmica da sub-bacia e contribuindo na aceleração dos processos erosivos das margens e, conseqüentemente, no assoreamento do canal.

4.2.1 Seção I – Áreas de Nascentes

A primeira seção encontra-se no vale da Província Serrana, sendo influenciada pela estrutura e pela litologia (calcário da Formação Araras e arenito da Formação Raizama) (figura 10). Trata-se da área de nascentes, onde a mata ciliar encontra-se parcialmente preservada, com presença de algumas espécies arbóreas, arbustivas e palmeiras como o Bacuri (*Platonia insignis*) e na outra nascente próxima, o seu entorno possui pouca cobertura vegetal (figura 10 e 11).

Nessa perspectiva, as nascentes são compreendidas como manifestações superficiais de lençóis subterrâneos e a partir delas são originados os cursos de água. As nascentes são as principais fontes de abastecimento das bacias hidrográficas, a diminuição do número de nascentes causa, conseqüentemente, a redução da vazão total da bacia, podendo diminuir o número de cursos d'água desse sistema. (VALENTE; GOMES, 2005).

Segundo a Lei n. 12.651 de 25 de maio de 2012, as nascentes são consideradas áreas de preservação permanente (APP), dessa forma, essas áreas devem estar cobertas por vegetação ciliar em um raio mínimo de 50m. Porém, nas nascentes do córrego Taquaral, foi possível observar, que não é seguido o que é estabelecido pela Lei, visto que o raio de cobertura vegetal existente nas margens das nascentes é menor que 25m.

Figura 10. Seção 1 no período de cheia



Fonte: A Autora, (2018).

Figura 11. Seção 1 no período de estiagem



Fonte: A Autora, (2018).

Nesse trecho a vegetação foi quase totalmente retirada, e a área é ocupada por médias e pequenas propriedades, que usam o espaço à criação de suínos, bovinos, aves, entre outros, e a água do referido córrego é utilizada como fonte de consumo para esses animais, que tem acesso direto a ele.

Em relação às características hidrodinâmicas, o canal apresentou, no período de cheia, vazão de apenas $0,14 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$, a concentração de sedimentos em suspensão foi de 80 mg/l e a descarga sólida suspensa de $0,967 \text{ t}/\text{dia}^{-1}$ (tabela 02). Na estiagem, não foi possível obter dados referentes à vazão nesse período, pois o canal encontrava-se sem fluxo, a carga de sedimentos em suspensão foi de 100 mg/l . As análises granulométricas dos sedimentos de fundo nessa seção, mostraram a predominância de areia fina (43,95%) e areia grossa (30,65%) na cheia e, areia fina (69,30%) e silte (21,75%) na estiagem (tabela 02).

Resultados semelhantes de vazão foram encontrados por Bühler (2016), na bacia hidrográfica do córrego Jacobina, em Cáceres-MT, o valor encontrado nesse estudo no período de cheia foi de $0,06 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ e na estiagem $0,04 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ no alto curso. Santos (2013), que trabalhou com a bacia do córrego Cachoeirinha, vizinho do córrego Taquaral, também não obteve resultados referentes à vazão no alto curso. Cruz (2015), ao calcular a vazão na bacia do córrego Facão, em Cáceres-MT, obteve resultados superiores no alto curso, os valores foram $0,35 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ na estiagem e $3,14 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ na cheia.

Tabela 02. Resultados das análises granulométricas dos sedimentos, concentração de sólidos suspenso e descarga sólida em suspensão.

Seção	Período	GRANULOMETRIA DOS SEDIMENTOS DE FUNDO						CSSI (mg/l)	Vazão (m^3/s^{-1})	QSS (t/dia^{-1})
		Areia Grossa (%)	Areia Média (%)	Areia Fina (%)	Areia Total (%)	Silte (%)	Argila (%)			
I	Cheia	30,65	17,60	43,95	91,55	0,60	7,20	80	0,14	0,96
	Estiagem	4,65	3,15	69,30	77,10	21,75	1,15	100	-	-
II	Cheia	29,30	13,15	30,45	72,90	1,65	25,45	60	0,11	0,57
	Estiagem	22,45	15,35	52,80	90,60	8,95	0,45	120	-	-
III	Cheia	9,00	39,40	47,90	96,30	0,45	3,25	140	0,39	4,71
	Estiagem	5,80	29,95	61,30	97,05	2,55	0,55	160	0,03	0,53
IV	Cheia	18,10	51,55	27,00	96,65	0,50	2,85	140	0,43	5,20
	Estiagem	15,35	27,65	49,25	92,25	7,25	0,50	140	0,04	0,49
V	Cheia	0,70	25,00	72,50	98,20	0,60	1,20	60	1,12	5,80
	Estiagem	11,65	20,35	62,45	94,45	5,10	0,45	140	0,01	0,13
VI	Cheia	1,50	20,25	73,10	94,85	0,50	4,65	40	0,83	2,86
	Estiagem	3,75	18,90	72,80	95,45	4,60	0,45	140	0,02	0,25
VII	Cheia	8,50	60,15	29,85	98,50	0,55	0,95	40	10,05	38,60

	Estiagem	3,50	20,05	62,30	85,85	13,25	0,90	140	0,16	1,94
VIII	Cheia	0,70	1,90	89,85	92,45	0,60	6,95	40	3,06	10,57
	Estiagem	6,70	5,40	65,40	77,50	21,35	1,15	120	0,05	0,60
IX	Cheia	1,65	7,65	22,40	31,70	64,20	4,10	20	3,72	6,42
	Estiagem	1,45	3,60	22,50	27,55	68,40	4,05	100	0,03	0,26

CSSI: Sedimentos em suspensão; **QSS:** Descarga sólida em suspensão; **Fonte:** A Autora, (2019).

4.2.2 Seção II – Açude

A segunda seção está situada no alto curso da sub-bacia, dentro de uma propriedade privada (figura 09), encontra-se parcialmente preservada, sendo usado para a criação de animais, o proprietário do local construiu um barramento no canal principal do córrego Taquaral, formando um açude para reter água para consumo dos animais (figura 09).

Esse açude foi construído muito próximo às nascentes principais do córrego Taquaral, e foi observado, ainda, que no período de estiagem, em alguns pontos, o canal principal encontra-se com baixos níveis de vazão, assim, o açude pode ser um dos fatores responsáveis por essa diminuição da vazão a jusante da sub-bacia.

A cobertura vegetal existente nas margens é apenas gramínea, em alguns pontos foi possível observar o solo exposto (figura 12). Na margem direita, nota-se processos erosivos e o canal está assoreando, o pisoteio dos animais está compactando o solo, principalmente nessa margem. Ressaltamos, que a compactação do solo interfere na infiltração da água das chuvas no solo, o tornando impermeável, interferindo na velocidade do escoamento superficial, ocasionando o aumento de processos erosivos nessa seção.

Sobre as variáveis hidrodinâmicas no período de cheia, a vazão foi de apenas $0,11\text{m}^3/\text{s}^{-1}$ (tabela 02). No período de estiagem não foi obtido valor referente à vazão nessa seção. Em relação aos dados granulométricos, houve a predominância de areia fina (30,45%), areia grossa (29,30%) e argila (25,45%) no período de cheia (tabela 02). Na estiagem, prevaleceu o predomínio de areia fina (52,80%) e areia grossa (22,45%).

Os dados referentes à carga de sedimentos suspensos, indicaram uma variação muito significativa de um período para o outro, enquanto o valor obtido no período de cheia foi de 60mg/l, na estiagem esse dado simplesmente duplicou apontando 120mg/l de sedimentos suspensos (tabela 02).

Um dos fatores que podem ter contribuído para o aumento da carga de sedimentos suspensos nessa seção é a forma de uso do local, pois, a área é utilizada como pastagem

e os animais tem acesso direto ao canal. Outro fator importante, é que no período de estiagem quase não há fluxo nessa seção e os sedimentos ficam mais concentrados em um determinado ambiente (figura 13 e 15).

Figura 12. Ponto de coleta de dados



Fonte: A Autora, (2018).

Figura 13. Barramento para a construção do açude



Fonte: A Autora, (2018).

Figura 14. Acesso dos animais ao canal principal



Fonte: A Autora, (2018).

Referente aos cálculos de descarga sólida em suspensão, não foi possível obter os valores equivalentes aos dois períodos, pois no período de estiagem não havia dados suficientes para realizar o cálculo de vazão. Assim, no período de cheia, a descarga sólida em suspensão foi de $0,57\text{t}/\text{dia}^{-1}$ (tabela 02).

4.2.3 Seção III

A terceira seção localiza-se no alto curso da sub-bacia especificamente na Comunidade do Taquaral, próximo a uma estrada (figura 09). Nessa seção, diferentemente das seções anteriores, o fluxo do canal era maior, indicando que o canal recebe a influência de outros afluentes na sua descarga líquida e sedimentos (figura 15).

Os dados referentes às variáveis hidrodinâmicas no período de cheia, a vazão foi de $0,39\text{m}^3/\text{s}^{-1}$, a concentração de sedimentos suspensos foi de $140\text{mg}/\text{l}$ e a descarga sólida suspensa foi de $4,71\text{t}/\text{dia}^{-1}$ (tabela 02). Na estiagem, a vazão foi de $0,03\text{m}^3/\text{s}^{-1}$, os sedimentos suspensos totalizaram $160\text{mg}/\text{l}$ e a descarga sólida suspensa $0,53\text{t}/\text{dia}^{-1}$. Com referência às características granulométricas dos sedimentos de fundo no período de cheia

ocorreu o predomínio de areia fina (47,90%) seguida de areia média (39,40%). Na estiagem manteve-se a maior concentração de areia fina (62,30%) e areia média (29,95%) (tabela 02).

Figura 15. Ponto de coleta de dados da seção



Fonte: A Autora, (2018).

Figura 16. Cerca que divide a seção



Fonte: A Autora, (2018).

De todas as seções analisadas, essa seção foi a que apresentou vegetação ciliar mais preservada, há cobertura vegetal nas duas margens. Há também, a presença de cercas de arame que dividem a seção, o que indica que são dois terrenos que pertencem a donos distintos (figura 16). Na margem esquerda (margem côncava), notou-se a formação de um banco de sedimentos.

No córrego Cachoeirinha as maiores porcentagens encontradas por Santos (2013), no alto curso, foram de areia média (60,30%). Bühler (2016), ao analisar o aporte de sedimentos de fundo do córrego Jacobina, em Cáceres-MT, identificou um equilíbrio entre areia grossa (35,95%), média (32,10%) e fina (29,7%) no alto curso.

4.2.4 Seção IV

A seção IV está situada no médio curso da sub-bacia do córrego Taquaral, em propriedade privada (figura 09). Na margem esquerda, há a presença de vegetação ciliar e é possível notar as raízes das árvores expostas por eventuais processos de erosão hídrica no leito, ainda nessa margem, na parte posterior foram identificadas pastagens e algumas espécies de bacuri (*Platonia insignis*) (figura 17). Na margem direita, há uma propriedade e uma estrutura coberta com mesas e bancos, possivelmente utilizado como forma de lazer pelos proprietários, nessa margem, a jusante está ocorrendo o processo de assoreamento do canal.

Próximo a essa seção, a montante na rodovia MT-343 ocorreu o desvio do canal principal, o córrego foi aterrado para a construção de uma ponte para a passagem de veículos (figura 18). Essas alterações contribuirão com a alteração do curso natural da sub-bacia, no aumento da suscetibilidade a processos erosivos e na descarga de sólidos no canal, modificando de forma significativa a dinâmica do canal. Vale ressaltar, que próximo à seção VI também houve o aterro do canal por conta da rodovia.

Nessa seção, o córrego Taquaral apresentou no período de cheia, vazão de $0,43\text{m}^3/\text{s}^{-1}$, a concentração de sedimentos suspensos foi de $140\text{mg}/\text{l}$ e a descarga sólida em suspensão foi de $5,20\text{t}/\text{dia}^{-1}$ (tabela 02). Na estiagem, a vazão obtida foi de $0,04\text{m}^3/\text{s}^{-1}$, a descarga sólida suspensa $0,49\text{t}/\text{dia}^{-1}$ e os sedimentos em suspensão se mantiveram os mesmos $140\text{mg}/\text{l}$. Com referência à granulometria no período chuvoso, as maiores

porcentagens foram de areia média e fina (51,55% e 27%) (tabela 07), na estiagem houveram a predominância de areia fina e média (49,25% e 27,65%).

Figura 17. Ponto de coleta de dados da seção



Fonte: A Autora, (2018).

Figura 18. Aterro realizado no canal principal para a construção de uma ponte na rodovia MT-343



Fonte: A Autora, (2018).; (A) Ponte que antes era utilizada na rodovia MT-343; (B) Canal aterrado para a construção de um novo acesso.

4.2.5 Seção V

A seção V está situada no médio curso da sub-bacia do córrego Taquaral, a propriedade é utilizada para a prática da pecuária e agricultura (figura 09). Há pouca ocorrência de vegetação ciliar nas margens do canal, tendo a presença de gramíneas. Observou-se, que os animais têm acesso direto ao canal, tal fato somado com a falta de vegetação ciliar no entorno do canal, tem contribuído à intensificação dos processos erosivos, principalmente à margem esquerda, onde nitidamente está ocorrendo o assoreamento do canal (figura 19).

Com relação as variáveis hidrodinâmicas no período de cheia a vazão foi de $1,12\text{m}^3/\text{s}^{-1}$, a concentração de sedimentos suspensos foi de 60 mg/l e a descarga sólida em suspensão foi de $5,80\text{ t/dia}^{-1}$ (tabela 02). Na estiagem, os dados obtidos foram: vazão $0,01\text{m}^3/\text{s}^{-1}$, sedimentos em suspensão 140mg/l e a descarga sólida em suspensão foi de $0,13\text{t/dia}^{-1}$. O resultado das análises granulométricas mostraram a predominância de areia fina (72,50%) e areia média (25%) na cheia. Na estiagem os maiores valores também foram de areia fina (62,45%) e areia média (20,35%) (tabela 02).

Figura 19. Ponto de coleta de dados



Fonte: A Autora, (2018).

Com relação as formas de uso foram identificadas plantações de cana-de-açúcar e milho, principalmente na margem esquerda. O local também é utilizado para a criação de bovinos (figura 20). Observou-se que os animais têm acesso direto ao canal, tal fato somado com a falta de vegetação ciliar no entorno do canal tem contribuído para a intensificação dos processos erosivos principalmente na margem esquerda, onde nitidamente está ocorrendo o assoreamento do canal (figura 21).

Figura 20. Formas de uso identificadas na seção



Fonte: A Autora, (2018).

Figura 21. Processos de erosão e assoreamento na margem esquerda do canal



Fonte: A Autora, (2018).

Nessa seção também foi identificado o aumento da carga de sedimentos suspensos no período de estiagem que pode estar associado as formas de uso do canal, uma vez que os animais têm acesso direto ao canal e isso pode ter contribuído para essa alteração. Outro fator importante de ser ressaltado é que a falta de vegetação ciliar em uma das margens pode ter contribuído para intensificação para os processos de erosão na área e consequentemente, no aumento da carga de sedimentos do canal.

4.2.6 Seção VI

A seção VI está inserida no médio curso da sub-bacia do córrego Taquaral e as principais formas de uso são: a agricultura, pecuária e a pesca (figura 10). Observou-se, que na margem direita do canal há pouca ocorrência de vegetação ciliar, na margem esquerda há maior presença de vegetação, porém, o local encontra-se antropizado. No canal, notou-se o avanço de processos erosivos, principalmente na margem direita, onde está ocorrendo o assoreamento do canal (figura 22). Vale ressaltar, que os animais, assim como na seção anterior, têm acesso direto ao canal (figura 25) e a prática da agricultura ocorre a poucos metros do leito do córrego.

A vazão nessa seção foi de $0,83 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ no período de cheia e $0,02 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ na estiagem, a concentração de sedimentos suspensos foi de 40 mg/l na cheia e 140 mg/l na estiagem e a descarga sólida suspensa de $2,86 \text{ t}/\text{dia}^{-1}$ e $0,25 \text{ t}/\text{dia}^{-1}$ respectivamente (tabela 02). A análise granulométrica dos sedimentos de fundo mostrou a predominância de areia fina (73,10%) e areia média (20,25%) na cheia, na estiagem a maior porcentagem foi de areia fina (72,80%) (tabela 02).

Assim como na seção anterior, o aumento da carga de sedimentos nessa seção pode ser explicado pelas formas de uso do local, por exemplo, os bovinos consomem água direto do canal principal, o que pode ter alterado a carga de sedimentos suspensos (figura 25).

A jusante dessa seção, assim como na seção IV ocorreu um processo de terraplanagem, onde o canal principal foi aterrado para a construção do segmento da rodovia MT-343. Observou-se, que a ponte que antes era utilizada na rodovia cedeu sua estrutura e, para solucionar o problema, optou-se por aterrar o córrego e construir a estrada.

Figura 22. Ponto da coleta de dados no período de estiagem



Fonte: A Autora, (2018).

Figura 23. Formas de uso identificadas na seção



Fonte: A Autora, (2018).

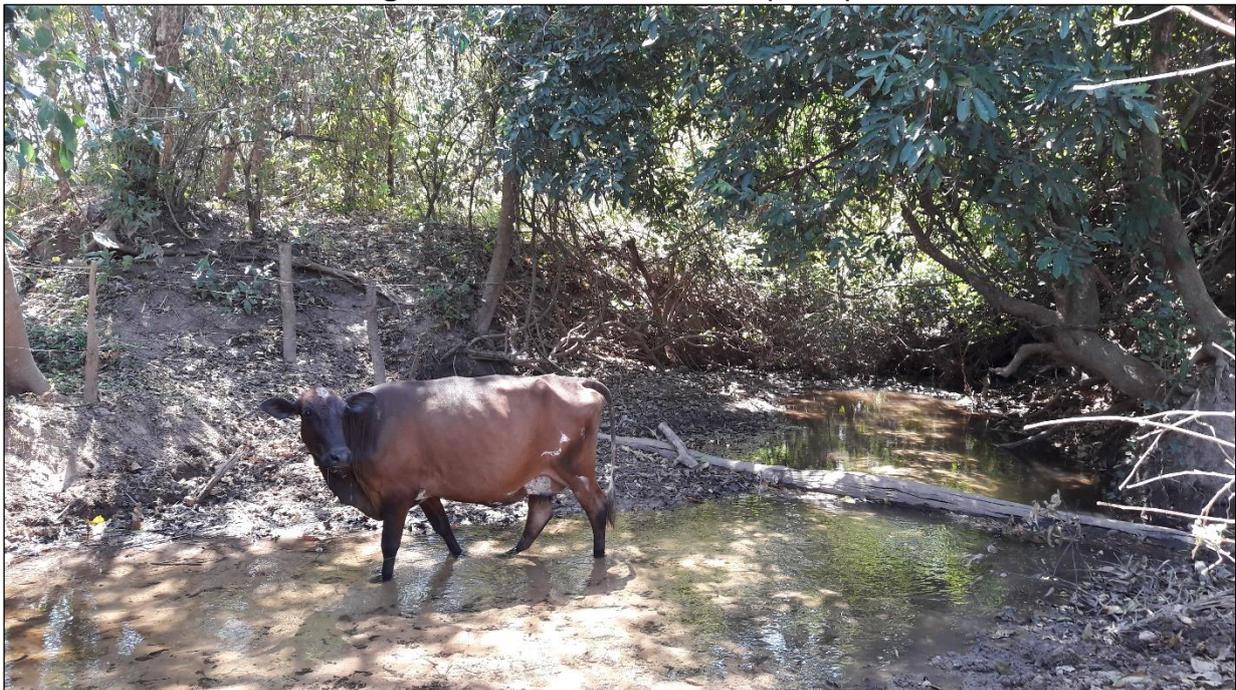
Nesse segmento, a dinâmica do canal foi totalmente alterada, logo, o mesmo teve seu curso desviado e suas características naturais modificadas. Vale ressaltar, que isso também podem deixar os solos ao entorno mais vulneráveis a processos de erosão, contribuindo também no aumento da descarga sólida no leito do canal. Na figura 24, está ilustrado o aterro realizado nessa seção.

Figura 24. Processo de terraplanagem para construção de um segmento da rodovia MT-343



Fonte: A Autora, (2018).; (A) Manilhas colocadas abaixo do aterro para que água do córrego passe; (B) ponte onde que antes era utilizada na rodovia

Figura 25. Bovinos no canal principal



Fonte: A Autora, (2018).

4.2.7 Seção VII

A seção VII está inserida no médio curso da sub-bacia em uma ponte da rodovia MT-343 (figura 09). A montante do canal apresenta mata de galeria, porém, no local onde foram realizadas as coletas de dados, havia pouca ocorrência de vegetação ciliar (figura 26). Foi

possível observar que o local é utilizado como área de lazer, pois, com presença de alguns objetos (sacolas plásticas, embalagens de alimentos, equipamentos de pesca e etc.) de uso antrópico.

A vazão obtida no período de cheia foi de $10,05\text{m}^3/\text{s}^{-1}$, a concentração de sedimentos em suspensão foi de 40mg/l e a descarga sólida em suspensão de $38,60\text{t}/\text{dia}^{-1}$ (tabela 02). Na estiagem, a vazão foi de $0,16\text{m}^3/\text{s}^{-1}$, os sedimentos em suspensão foram de 140mg/l e a descarga sólida suspensa foi de $1,94\text{t}/\text{dia}^{-1}$.

A análise da composição granulométrica dos sedimentos de fundo mostrou que houve o predomínio de areia média (60,15%) e areia fina (29,85%) na cheia. Na estiagem, as maiores porcentagens também foram de areia média (20,05%) e areia fina (62,30%), porém, com valores invertidos (tabela 02).

Figura 26. Ponto de coleta de dados na seção



Fonte: A Autora, (2018).

Nesse ponto, notou-se uma divergência com relação à velocidade do fluxo e com a granulometria dos sedimentos, a montante o canal encontra-se assoreada e o fluxo foi apenas próximo a margem direita, porém, é nessa parte que o fluxo apresenta maior intensidade. Com referência, à granulometria dos sedimentos, nessa seção foram realizadas duas coletas, em razão de que a montante do canal notou-se que havia

predominância de sedimentos mais grosseiros (seixos, matacões, areia grossa), porém, as análises consideradas, nessa pesquisa, foram as realizadas a jusante do canal (figura 27).

Figura 27. Área a montante onde havia predomínio de sedimentos mais grosseiros



Fonte: A Autora, (2018).

Os valores relacionados aos sedimentos em suspensão, no período de estiagem, foram maiores, apresentando uma carga de 140mg/l, porém, a descarga sólida em suspensão foi menor que no período anterior sendo de 1,94t/dia⁻¹ no período de estiagem (tabela 02).

O aumento da carga de sedimentos suspensos pode estar associado à localização da seção, uma vez que o ponto de coleta ocorreu embaixo da ponte onde é constante o fluxo de carros, o que contribui para a retirada de sedimentos da estrada (MT-343) e deposição no canal (figura 28).

Figura 28. Ponte de madeira acima da seção analisada



Fonte: A Autora, (2018).

4.2.8 Seção VIII

A seção VIII está situada no baixo curso da sub-bacia do córrego Taquaral, foi monitorada na ponte de madeira da rodovia MT-343, próximo a Comunidade Guanandí (figura 09).

No período de cheia a vegetação ciliar encontra-se parcialmente preservada, sendo caracterizada, principalmente, por arbustos. A montante do ponto de coleta havia uma

bifurcação, indicando que o local recebe influências na carga de sedimentos e líquida de um de seus afluentes.

No período de estiagem, com a diminuição da vazão, foi possível observar que nas duas margens há fragmentos de rochas próximos ao leito do canal, que podem ser originados de aterros. Notou-se também, processos erosivos em ambas as margens, onde na margem esquerda está ocorrendo o assoreamento do canal mais a montante e na margem direita mais a jusante do canal (figura 29).

Nessa seção, a vazão obtida no período de cheia foi de $3,06\text{m}^3/\text{s}^{-1}$, a concentração de sedimentos em suspensão foi de $40\text{mg}/\text{l}$ e a descarga sólida suspensa foi de $10,57\text{t}/\text{dia}^{-1}$ (tabela 02). No período de estiagem a vazão foi de apenas $0,05\text{m}^3/\text{s}^{-1}$, a descarga sólida suspensa foi de $0,60\text{t}/\text{dia}^{-1}$ e a carga de sedimentos suspensos foi de $120\text{mg}/\text{l}$. Em relação à composição granulométrica, os resultados no período de cheia mostraram maior porcentagem de areia fina (89,85%) e na estiagem os maiores porcentagens foram de areia fina (65,40%) e silte (21,35%) (tabela 02).

Figura 29. Ponto de coleta de dados na seção VIII no período de estiagem



Fonte: A Autora, (2018).

Assim como em algumas seções anteriormente apresentadas e analisadas, o aumento da carga de sedimentos em suspensão nessa seção, pode estar associada às formas de uso do local, por ser uma área utilizada à pecuária e à pesca e, a exemplo dos

casos anteriores, foi possível notar que os animais tem acesso ao canal, o que pode ter alterado as características sedimentares da seção. Vale ressaltar, que o local está situado abaixo de uma ponte onde o fluxo de carros é constante, assim como na seção anterior (figura 30).

Figura 30. Estrada onde está situada a seção de coleta de dados



Fonte: A Autora, (2018).

4.2.9 Seção IX – Baía Redonda (Foz da bacia)

A seção IX está inserida no baixo curso da sub-bacia, corresponde à foz da bacia, onde o canal principal deságua na baía Redonda e, posteriormente, no rio Paraguai (figura 09). Como características físicas, a baía Redonda possui um banco de sedimentos no centro, composto por vegetação aquática. Nas margens da baía, a vegetação presente é formada por espécies de pequeno porte, principalmente por arbustos.

No período de cheia, a planície de inundação da baía Redonda é totalmente alagada e por estar inserida no ambiente de acumulação da Planície do rio Paraguai a descarga de sólidos suspensos e líquida, originadas da sub-bacia do córrego Taquaral, contribuem no aumento da descarga líquida e de sedimentos do rio Paraguai, assim como também, a baía

recebe influência do mesmo (figura 31). As principais formas de uso identificadas na cheia, foram as atividades relacionadas à pesca.

No período de estiagem, as características físicas encontradas são relativamente distintas, como a vazão nesse período diminuiu, foi possível observar que a área também é utilizada à prática da pecuária e, que assim como nas seções anteriores o canal possui pouca cobertura vegetal próximo ao seu leito, facilitando o acesso dos animais direto ao córrego (figura 34). Próximo à baía redonda, há duas propriedades privadas e haviam alguns maquinários realizando a retirada de vegetação próximo a margem esquerda do canal (figura 33).

Figura 31. Foz da sub-bacia no período de cheia



Fonte: A Autora, (2018).

No período de cheia a vazão obtida foi de $3,72\text{m}^3/\text{s}^{-1}$, a concentração sedimentos em suspensão foi de 20mg/l e a descarga sólida em suspensão $6,42\text{t}/\text{dia}^{-1}$. Na estiagem, o valor referente a vazão foi de $0,03\text{m}^3/\text{s}^{-1}$, a carga de sedimentos em suspensão foi de 100mg/l e a descarga sólida suspensa foi de $0,26\text{t}/\text{dia}^{-1}$ (tabela 02).

As análises granulométricas apontaram a predominância de silte (64,20%) e areia fina (22,40%) na cheia. Na estiagem permaneceu as maiores porcentagens de silte (68,40) e areia fina (22,50%) (tabela 02).

Figura 32. Foz da sub-bacia no período de estiagem



Fonte: A Autora, (2018).

Cruz e Souza (2018), realizaram estudos sobre a dinâmica hidrológica dos córregos urbanos da cidade de Cáceres e, no córrego Olhos d'Água, na seção 3, próximo ao ambiente de confluência do canal com a Baía Felipinho e encontraram a predominância de sedimentos finos, 47,17% de silte. Já no córrego Canal das Fontes, analisado pelos mesmos autores, na seção 3 o predomínio foi de areia média (85,25%). Assim, dos dados obtidos pelos autores, somente os dados do córrego Olho d'Água se assemelham com o córrego Taquaral, vale ressaltar, que os córregos citados acima recebem influência da urbanização, o córrego Taquaral é uma sub-bacia localizada em área rural.

O aumento da carga de sedimentos nessa seção pode estar associado às alterações pela qual o canal estava sendo sujeito no dia do campo de estiagem, além do fato de que a planície de inundação nesse período é possivelmente utilizada como área de pasto, pois no local havia muitas marcas deixadas pelos animais criados próximos ao canal, conforme ilustra a figura 34.

Nos resultados obtidos acima, nota-se que em todas as seções a concentração de sólidos suspensos foram maiores no período de estiagem, assim, Bühler (2016), também encontrou maior concentração de sedimentos em suspensão no período de estiagem na bacia do córrego Jacobina, sendo que os resultados na seção I foram 180mg/l na cheia e 560mg/l na estiagem; na seção II foi de 120mg/l na cheia e de 440mg/l na estiagem; na

seção III a autora obteve 80mg/l na cheia e 420mg/l na estiagem. Sendo que a diferença de mg/l entre os dois períodos foi bastante expressiva, assim como, na sub-bacia do córrego Taquaral.

Os valores de vazão foram mais expressivos no período de cheia, porém, a discrepância dos valores obtidos nos períodos de cheia e estiagem em algumas seções foram bastante significativas, o que indica que o barramento que foi construído na área de nascentes está influenciando diretamente na descarga líquida da sub-bacia hidrográfica, principalmente, em pontos do médio curso.

A partir da quantificação da granulometria dos sedimentos de fundo, foi possível concluir que a sub-bacia tem a capacidade de transportar sedimentos finos. Em algumas seções, observou-se processos erosivos acentuados, que estão contribuindo para o aumento de sedimentos no leito do córrego e, conseqüentemente, no assoreamento do canal.

Figura 33. Atividades antrópicas próximas à foz da sub-bacia



Fonte: A Autora, (2018).

Figura 34. Pegadas deixadas pelos animais na planície de inundação próximo ao leito do canal principal



Fonte: A Autora, (2018).

4.3 Fragilidade ambiental da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral

Nesse tópico, através do mapeamento da fragilidade ambiental aos processos erosivos, foi possível estabelecer os diferentes níveis de fragilidade da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral, nos ambientes naturais e modificados pelas atividades humanas, com identificação das fragilidades potenciais e emergentes, considerando as classes de declividade, a ocorrência de solo, índices de precipitação anual e os tipos de uso e cobertura vegetal.

4.3.1 Variáveis utilizadas na construção das cartas de Fragilidade Ambiental

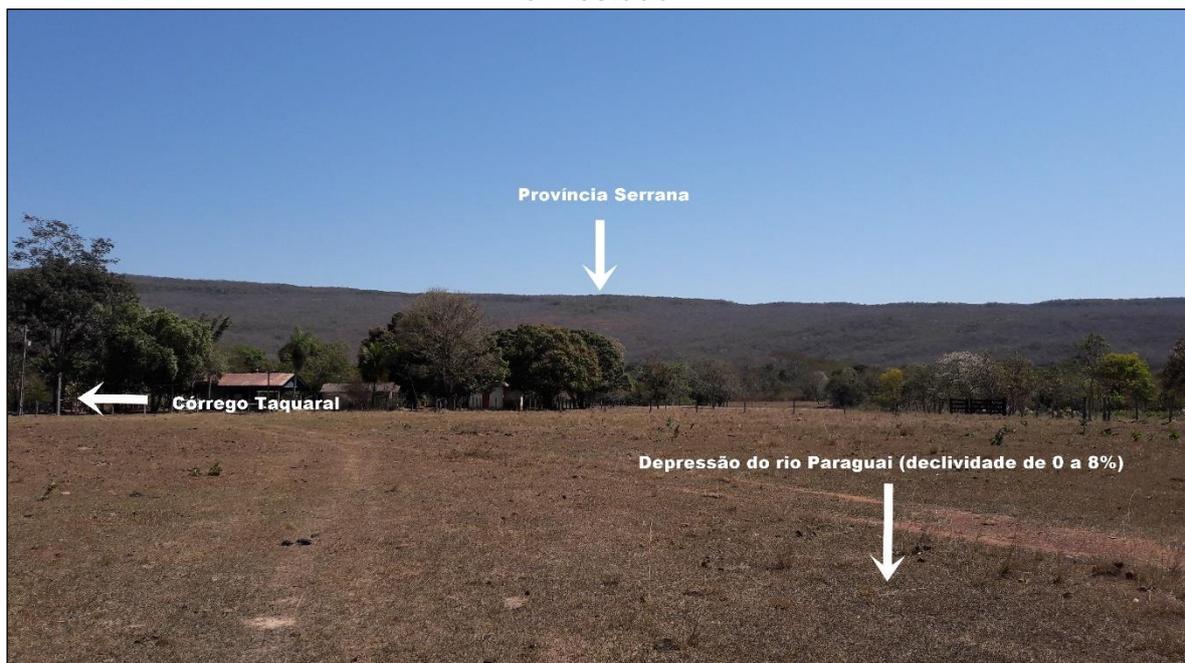
4.3.1.1 Declividade média

Na sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral, as classes de declividade que predominam são as com intervalo de 3% a 8% (figura 39). Essas declividades estão presentes em 51,81km², que corresponde a 36,90% da área total. Essa classe aparece em

todos os cursos da sub-bacia, ocorrendo na sequência das declividades de intervalo de 0% a 3%. Essas classes representam, geomorfologicamente, os fundos de vale da Depressão do rio Paraguai e as formas de acumulação da Planície do rio Paraguai, encaixados entre o conjunto de serras que formam a Província Serrana.

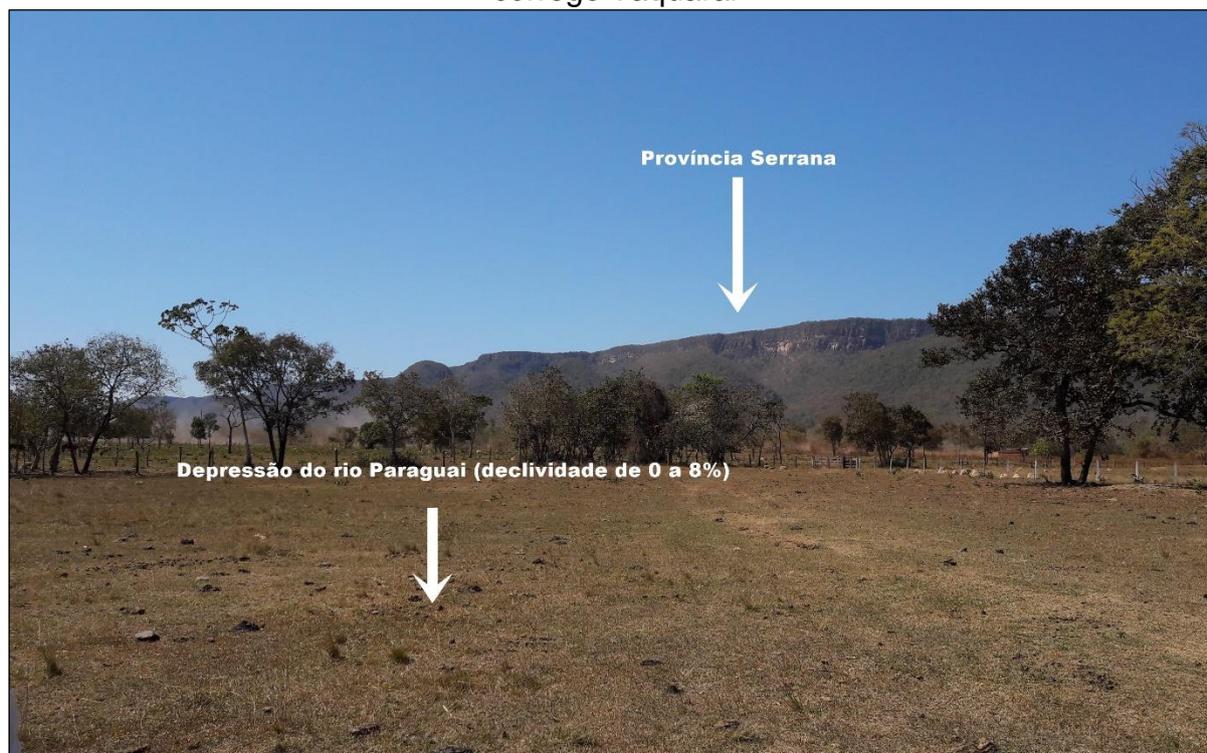
Nesses ambientes com baixas declividades se encontra a maior parte da rede de drenagem da sub-bacia do córrego Taquaral, isso se deve também, a geologia da área que está inserida na Formação Sepotuba (siltitos e folhelhos) e o tipo de solo (Argissolos Vermelhos-Amarelos). Essas características, somadas aos níveis de precipitação, permitem que o escoamento superficial ocorra de forma mais lenta, ocorrendo uma lenta esculturação do relevo.

Figura 35. Relevo com níveis de declividade entre 0 a 8% no lado esquerdo da sub-bacia em estudo



Fonte: A Autora, (2018).

Figura 36. Relevo com níveis de declividade entre 0 a 8% do lado direito da sub-bacia do córrego Taquaral

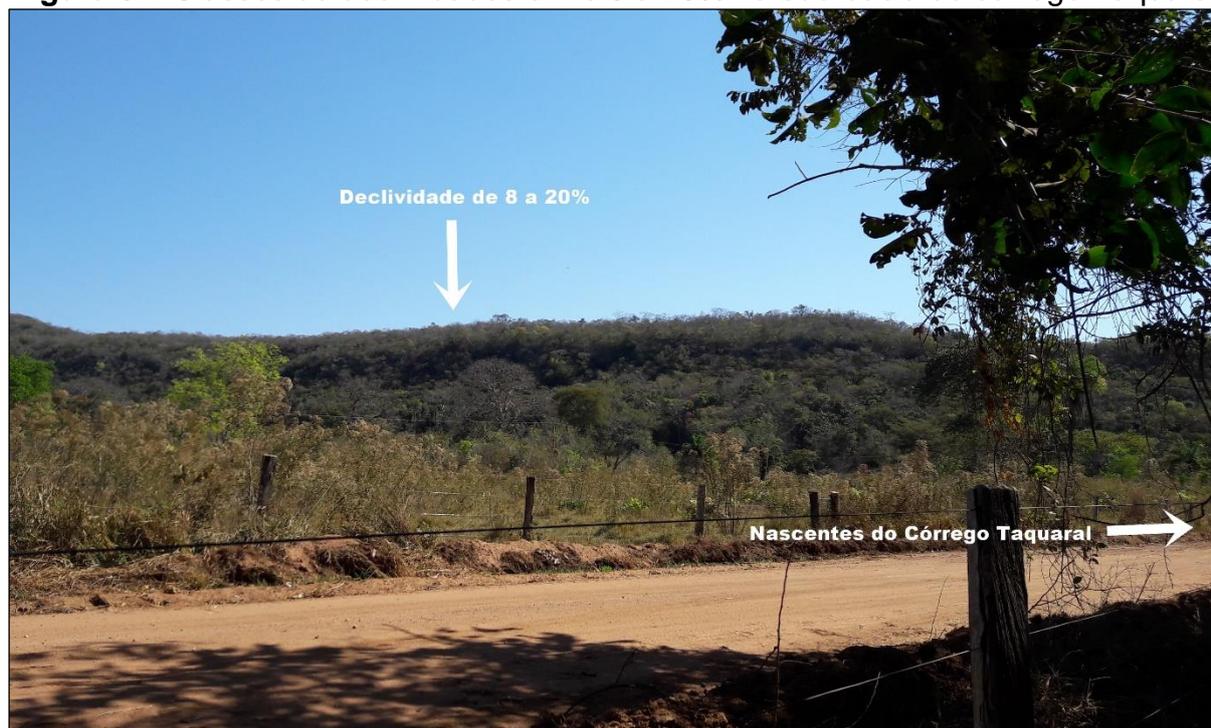


Fonte: A Autora, (2018).

Essas classes de declividade também favorecem a prática da agricultura e da pecuária, na sub-bacia do córrego Taquaral, foram identificadas durante os trabalhos de campo, o cultivo de culturas temporárias e criação de animais de grande porte. Na maior parte desses ambientes que possuem declividade entre 0% a 8% (figura 35), há vegetações próximas ao leito do córrego, porém, a cobertura vegetal não é suficiente para proteger o solo próximo ao leito do canal, acarretando processos erosivos e, conseqüentemente, o assoreamento nas margens do canal.

As classes de declividade entre 8% a 20% existem em uma área de 29,88km² o que representa 21,28% da área total (figura 37). Essas declividades estão presentes, principalmente, no alto e médio curso, e em pequenas partes do baixo curso. Esses ambientes estão inseridos, principalmente, nas serras da Província Serrana, nas Formações Araras e Raizana.

Figura 37. Classes de declividades entre 8 a 20% na sub-bacia do córrego Taquaral



Fonte: A Autora, (2018).

São áreas onde nascem a maior parte dos cursos de água da rede de drenagem da sub-bacia do córrego Taquaral, inclusive as nascentes principais (figura 37). O tipo de solo predominante são os Neossolos Litólicos. A principal forma de uso nesses ambientes com declividades mais elevadas foi a pecuária. A cobertura vegetal, nas áreas de nascentes encontravam-se pouco preservadas, na seção I por exemplo, o raio de cobertura vegetal é mínimo próximo ao leito do córrego.

No Art. 11 da Lei n. 12.651 de maio de 2012, ficou estabelecido que nas áreas onde o relevo possuir inclinação entre 25° e 45°, podem ser utilizadas para o exercício de atividades agrícolas, pecuária e o manejo florestal sustentável, bem como a manutenção da infraestrutura física associada ao desenvolvimento das atividades.

As classes de declividade entre 20% a 45%, representam uma área de 23,42km² na sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral, o que equivale a 16,68% do total. Já os relevos com níveis de declividade entre 45% a ≥ 75% estão presentes em uma área 5,78km² (4,12%) (figura 40). Esses ambientes representam as serras da Província Serrana, onde também predominam os Neossolos Litólicos. Por serem áreas mais elevadas, as formas de uso são quase nulas. Nesses locais, foi possível observar que a cobertura vegetal se encontra preservada.

Figura 38. Relevos com declividade de 8 a 20% na sub-bacia do córrego Taquaral



Fonte: A Autora, (2018).

De acordo com a Lei n. 12.651, Art. 4º, as encostas, morros, montes, montanhas e serras com altura mínima de 100m e com declividade superior a 45º, são consideradas áreas de preservação permanentes.

De modo geral, nota-se que na sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral, os tipos de relevo que predominam, a partir das classes de declividade, são: o suave-ondulado, plano e o ondulado (figura 40). Esses tipos de relevo favorecem o escoamento superficial, exceto em locais onde a vegetação encontra-se pouco preservada. Vale ressaltar ainda, que no decorrer desses ambientes, as formas de uso encontradas foram a agricultura e a pecuária, que também são favorecidas por níveis de declividade menos elevados.

Figura 39. Mapa das classes de declividade presentes na sub-bacia do córrego Taquaral

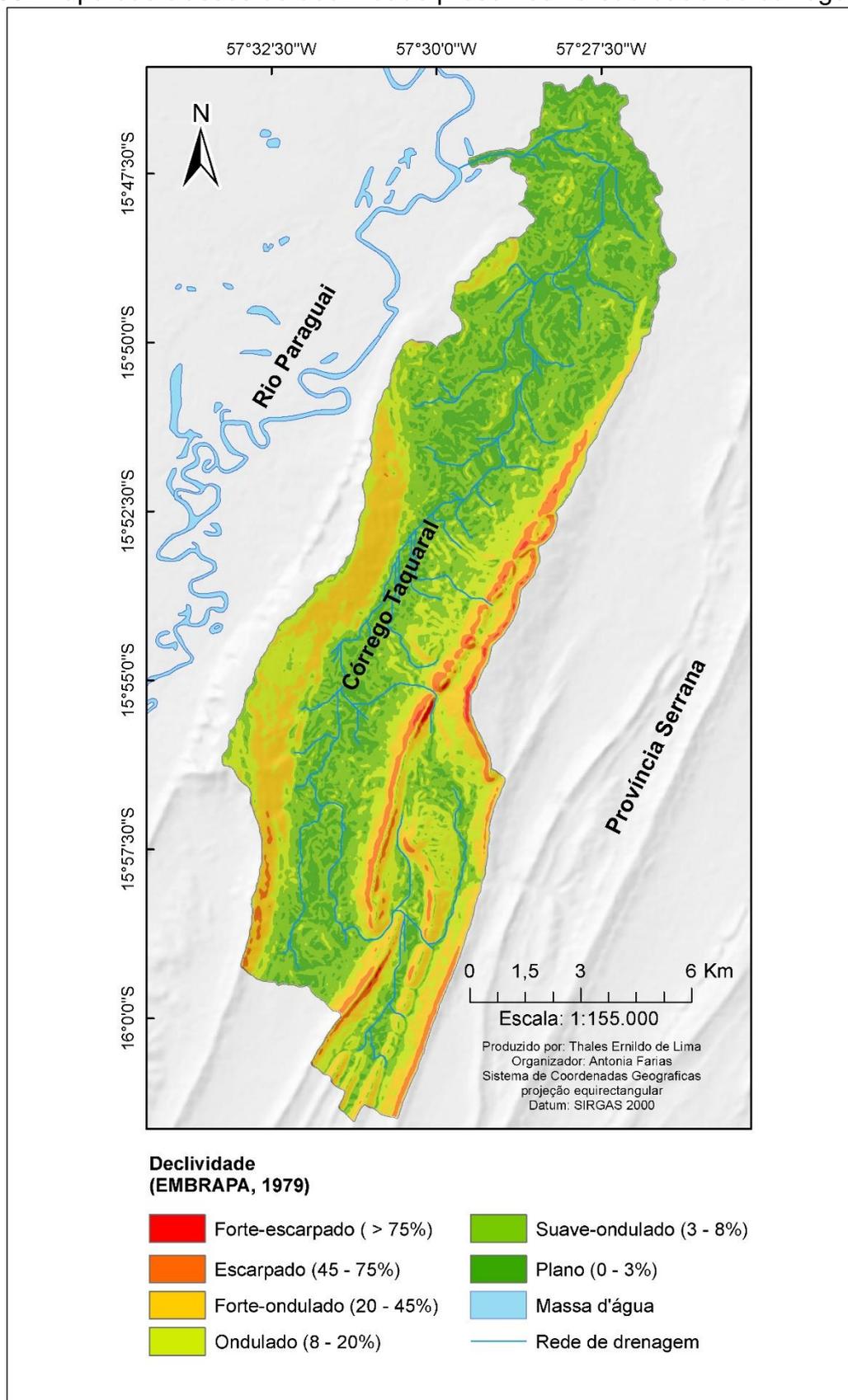


Figura 40.. Classes de relevo com declividade entre 45 a $\geq 75\%$



Fonte: A Autora, (2018).

4.3.1.2 Solos

Para realizar a avaliação do componente solo, dentro da fragilidade ambiental da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral, foram agrupados cada tipo de solo de acordo com seu grau de erodibilidade, levando em consideração os níveis de fragilidade para cada solo proposto por Ross (1994).

Nesse sentido, os solos predominantes na sub-bacia do córrego Taquaral são os Argissolos Vermelhos-Amarelos Distróficos, que ocupam uma área de 79,18km² (55,02%). Esses solos encontram-se em áreas onde o relevo se caracteriza como plano e suave-ondulado, nas encostas das serras que formam a Província Serrana e nos fundos de vale

da Depressão do rio Paraguai, tendo variações de declividade de 0 a 8%. Segundo Guerra e Botelho (2014), esses solos apresentam moderada suscetibilidade a processos erosivos, que podem ser mais intensos quando as descontinuidades texturais e estruturais forem maiores ao longo do perfil.

Os Argissolos da sub-bacia do córrego Taquaral estão inseridos na Formação Sepotuba e tem como material de origem os siltitos e os folhelhos. Nesses ambientes, também foi identificado alguns cupinzeiros (figura 41), onde nota-se pouca cobertura vegetal e fortes indícios de degradação.

Figura 41. Cupinzeiros encontrados no médio curso da sub-bacia do córrego Taquaral



Fonte: A Autora, (2018).

Os processos erosivos atuantes identificados nos ambientes de Argissolos são os causados pela chuva e a erosão hídrica. Nas seções IV, V e VI, é possível observar esses processos nitidamente, assim como, também o assoreamento nas margens do canal, conforme ilustra a figura 42. Na seção V e VI, o desgaste causado pela erosão nas margens do córrego Taquaral estão mais acentuados, em relação as demais seções. Vale ressaltar, que nessas duas seções a cobertura vegetal das margens encontram-se pouco preservadas, o que contribui para o maior desgaste de solo.

Figura 42. Processos erosivos na seção V no córrego Taquaral



Fonte: A Autora, (2018).

Outra classe de solo que se destaca na sub-bacia do córrego Taquaral são os Neossolos Litólicos que ocupam uma área de 58,42km² (40,60%) do total. Estão situados nas serras que compõem a Província Serrana, onde o relevo possui declividade mais acentuada, podendo ser maior que 75%.

Os Neossolos estão inseridos na Formação Araras e Raizana, por esse motivo tem como material de origem o arenito e o calcário, que são rochas que possuem grande capacidade de infiltração, porém, por estarem em áreas com maior declividade, o escoamento superficial ocorrerá de forma mais acelerada, dificultando a infiltração e possibilitando que os processos de desgaste do solo ocorram de forma mais acentuada. Vale ressaltar, que por serem solos rasos não é comum haver o cultivo de culturas temporárias, na área da sub-bacia esses solos são mais utilizados como áreas de pastagens e, nas áreas mais elevadas, as formas de uso são muito poucas. De acordo com Ross (op. cit.) esses solos possuem grau de fragilidade *Muito Forte*.

A erosão hídrica causada a partir do impacto das chuvas, foi identificada nas seções I, II e III durante os trabalhos de campo (figura 43). Nas seções I e II esses processos erosivos estão sendo intensificados pelas atividades antrópicas exercidas nesses locais.

Figura 43. Erosão hídrica nas duas margens do córrego Taquaral na seção III



Fonte: A Autora, (2018).

No baixo curso da sub-bacia do córrego Taquaral, há a presença de mais dois tipos de solos; os Cambissolos Háplicos Eutróficos e os Gleissolos Háplicos Eutróficos, que representam uma área de 6,14km² (4,27%) e 0,17km² (0,12%) respectivamente. Esses solos estão em locais onde os níveis de declividade chegam a 8%, sendo esses situados nos fundos de vales da Depressão do rio Paraguai (Cambissolos) e nas formas de acumulação da Planície de rio Paraguai (Gleissolos). Ambos são férteis, porém, são áreas utilizadas apenas como pastagens.

4.3.1.3 Dados Pluviométricos

O estudo das características pluviométricas de uma bacia hidrográfica é relevante para obter conhecimento a respeito dos níveis de precipitação dentro da área da bacia (figura 44), pois a mesma é importante no abastecimento dos lençóis freáticos, dos cursos da água, no modelamento da paisagem, a partir das formas com que o escoamento superficial ocorrerá e na manutenção da dinâmica fluvial da mesma.

Os dados pluviométricos obtidos na sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral demonstram uma variação na média anual no decorrer dos cursos da sub-bacia. Nos ambientes do alto curso, onde estão situadas as nascentes principais do córrego, os níveis

de precipitação durante o ano variam de 1.133mm a 1.314mm. No médio curso, os índices de precipitação são um pouco menores variando de 875,6mm a 1.132mm, já nas áreas do baixo curso, os níveis de precipitação são os menores da sub-bacia ficando entre 754,8mm a 875,5mm.

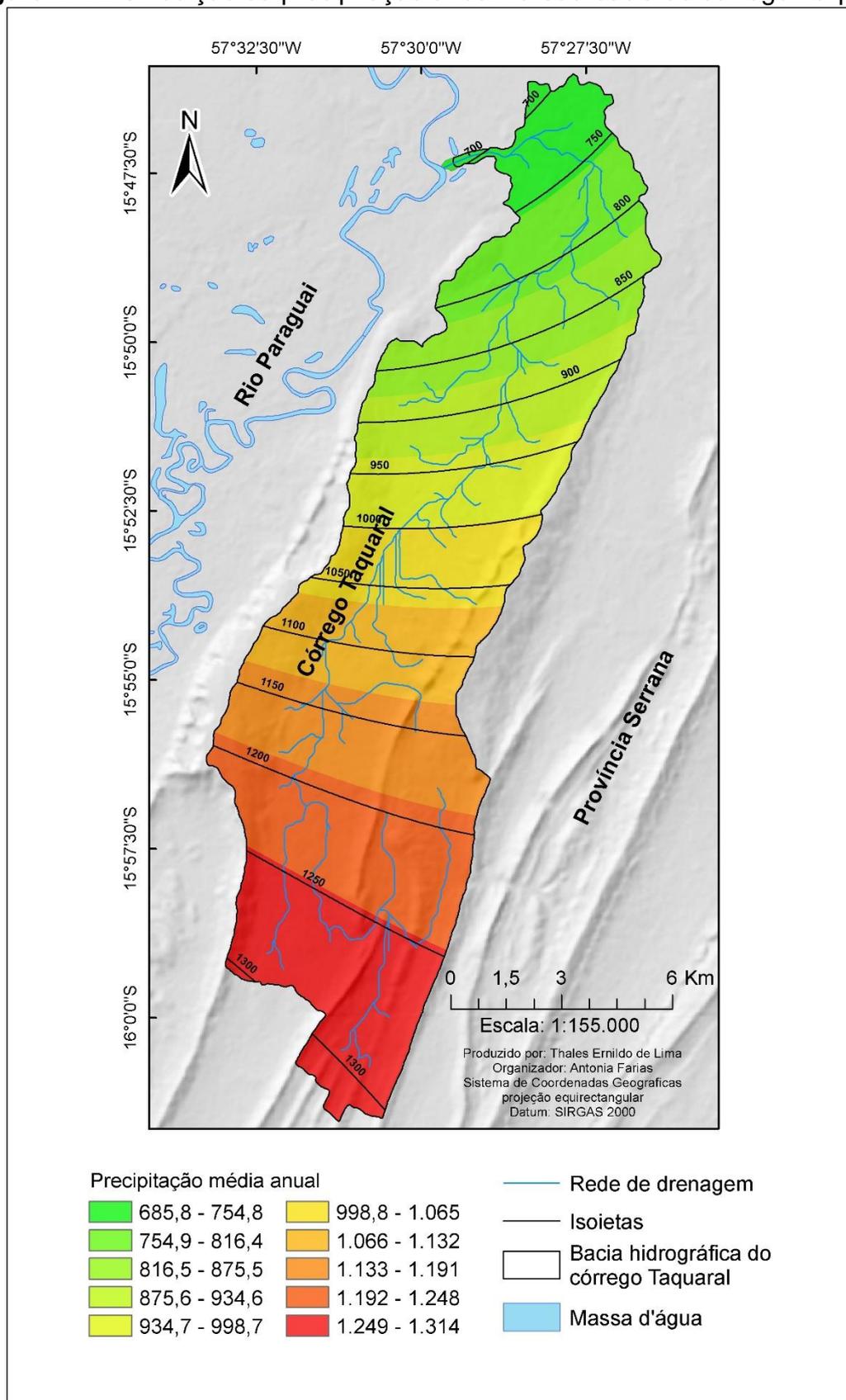
Um dos fatores que podem contribuir para os níveis desiguais de precipitação anual do córrego Taquaral, são as características geológicas e geomorfológicas da sub-bacia. É possível observar na figura 40, que as áreas do alto curso onde os níveis de precipitação são mais elevados, apresentam relevo mais declivoso (serras da Província Serrana), que acabam exercendo controle sobre as chuvas que terminam precipitando em maior quantidade nessas áreas.

Como grande parte das chuvas ficam retidas na Província Serrana, as áreas com menor declividade (médio e baixo cursos), receberão menor incidência de chuvas durante os meses do ano. Outro fator que contribui na variação de precipitação de forma geral são as características do clima da região, onde o período chuvoso se estende entre os meses de dezembro a março.

Na sub-bacia em estudo, as chuvas contribuem na/para a manutenção da dinâmica fluvial e no abastecimento das nascentes do córrego. Nos ambientes de cabeceira, por serem constituídos por arenito e calcário, a água infiltrará no subsolo abastecendo o lençol freático da sub-bacia, porém, o escoamento superficial pode ocorrer de forma mais acelerada, uma vez que essas áreas estão presentes em locais como maior declividade, podendo não acontecer a infiltração da água e um maior desgaste do solo que, conseqüentemente, são transportados para dentro dos canais aumentando a quantidade de sedimentos.

Nos ambientes menos elevados que são constituídos por siltitos e folhelhos, as águas originadas das chuvas permitirão que o escoamento superficial transcorra de forma mais lenta, contribuindo para o modelamento e o abastecimento dos cursos de água da sub-bacia.

Figura 44. Distribuição da precipitação anual na sub-bacia do córrego Taquaral



Por consequência, para que o impacto das chuvas sobre uma determinada área seja expressivo, dependerá dos componentes naturais da paisagem, além das formas de uso antrópicas no ambiente. Na sub-bacia em estudo, os tipos de solos presentes possuem características de solos frágeis e pouco férteis, porém, durante os meses de coleta de dados, foi possível observar que durante o verão e o inverno, em algumas propriedades, os mesmos são utilizados para o plantio de algumas culturas (milho, feijão, cana-de-açúcar), garantindo certa proteção ao solo, entretanto, em alguns trechos, principalmente do médio curso, notou-se áreas com solos expostos, onde haviam processos erosivos causados por erosões hídricas visíveis. Nas áreas de morraria, há a presença de cobertura vegetal e a atividade antrópica é quase nula.

Assim, levando-se em consideração os dados pluviométricos, é possível observar que o grau de fragilidade aos processos erosivos da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral é *Média*, pois, segundo Ross (op. cit.), essa classificação é atribuída às áreas que apresentam “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”, como é o caso da sub-bacia do córrego Taquaral.

4.3.1.4 Uso e Cobertura da terra

Além dos fatores naturais, para realizar a análise integrada da fragilidade ambiental da sub-bacia, também foi necessário levar em consideração os fatores antrópicos, uma vez que o homem é o principal modificador dos ambientes naturais, alterando assim, suas características físicas, naturais e toda a dinâmica da paisagem desse ambiente.

Dessa forma, a sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral teve seu processo de ocupação iniciada no século XVII, porém, no início do século XX a região passou a ser ocupada por comunidades tradicionais, que se acondicionaram no sopé das serras que formam a Província Serrana. Desde então, a área da sub-bacia vem passando por modificações ao longo dos anos.

Nessa perspectiva, as principais formas de uso identificadas na área são as pastagens, culturas temporárias e a rodovia MT-343 que liga os municípios de Cáceres e Barra do Bugres (quadro 08). Além disso, a cobertura vegetal é composta por espécies de porte arbustivo do Cerrado e Floresta aluvial no ambiente de confluência (quadro 09).

Quadro 08. Uso e cobertura vegetal na área da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral

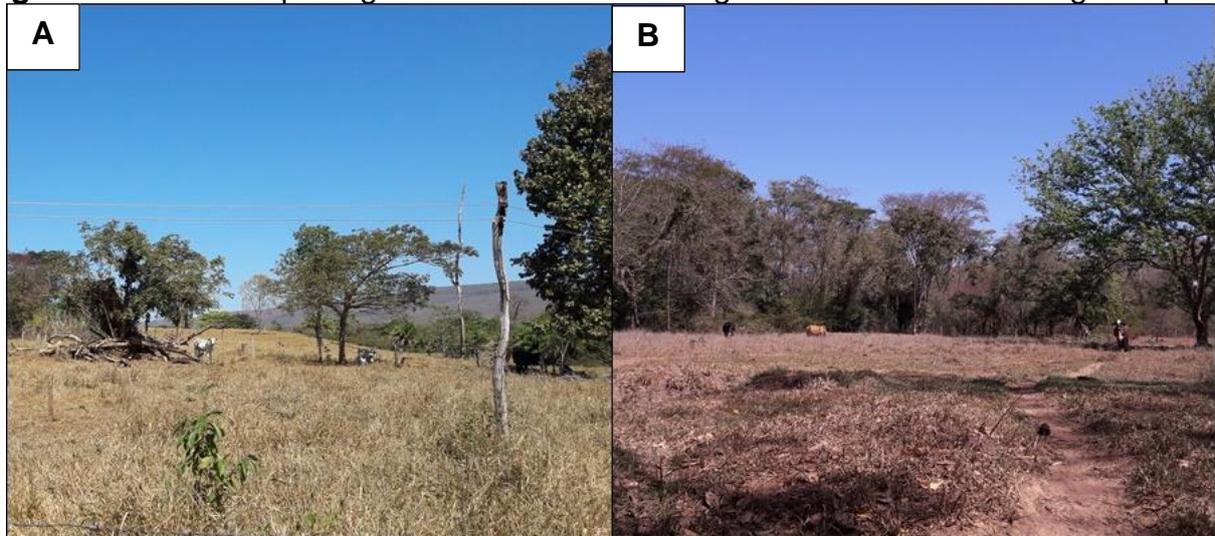
USO/COBERTURA	DESCRIÇÃO	ÁREA	%
Área Florestal	Área de vegetação natural	0,45	0,32
Cerrado	Áreas de vegetação natural, usadas na pecuária de animais de grande porte	57,57	40,01
Pastagens	Área de atividades antrópicas agrícolas, usada principalmente na pecuária de animais de grande porte.	56,91	39,55
Solos expostos/rodovias	Áreas antrópicas rodovia MT-343	4,95	3,44
Culturas temporárias	Áreas antrópicas agrícolas utilizadas no cultivo de culturas temporárias (mandioca, milho, cana-de-açúcar, feijão, etc.)	24,02	16,68

Fonte: A Autora, (2018).

O Cerrado está presente na maior parte da bacia, ocupando uma área de 57,57km², e está inserido nas serras da Província Serrana, nos ambientes com maior níveis de declividade. Os Neossolos Litólicos que estão presentes nessas áreas, são solos rasos, e, por esse motivo, o sistema radicular das espécies de vegetação não se desenvolve sendo quase impossível existirem árvores de grande porte, sendo assim, essa área é composta principalmente por espécies arbustivas e herbáceas. Por serem áreas com elevada declividade, são poucas as formas de uso encontradas, sendo utilizadas principalmente como pastagens. Nesses ambientes, os índices de precipitação são os maiores na área da sub-bacia, portanto, o escoamento superficial ocorre de forma mais acelerada, acarretando maior desgaste do solo.

Os ambientes de pastagens também se encontram em grande parte da sub-bacia, ocupando uma área equivalente a 56,91km². Estão inseridas na Depressão do rio Paraguai em locais com baixa declividade 8% apenas. Esses ambientes são utilizados principalmente na criação de animais de grande porte (figura 45). A partir da fragilidade potencial, se constatou que esses ambientes podem ser utilizados às práticas agrícolas, desde que seja realizado um manejo adequado do solo e que respeitem as APP's. Porém, em alguns pontos de coleta, se observou que as áreas de APP's encontram-se pouco preservadas, podendo acarretar o aumento do potencial da erosão hídrica nas margens do canal, uma vez que ele apresenta pouca proteção da vegetação.

Figura 45. Áreas de pastagens identificadas ao longo da sub-bacia do córrego Taquaral



Fonte: A Autora, (2018); (A) pastagem próxima a seção V; (B) pastagem na seção VI

Figura 46. Culturas temporárias encontradas na área da sub-bacia do córrego Taquaral



Fonte: A Autora, (2018); (A) Cultivo de bananas na seção V; (B) cultivo de abacaxi e cana-de-açúcar

Outra forma de uso que está presente no ambiente descrito no parágrafo anterior, são as culturas temporárias que ocupam uma área de 24,02km², nesses locais foram identificados o cultivo de culturas como: cana-de-açúcar, milho, banana, abacaxi, dentre outros (figura 46). Esses ambientes são pouco utilizados à agricultura, o que pode estar relacionado ao tipo de solo predominante nessas áreas (Argissolos Vermelhos-Amarelos Distróficos), que são solos caracterizados como pouco férteis. Outro fator que pode interferir

nas formas de uso desse local, são os níveis de precipitação, que nesse caso são medianas, quando comparado com o restante da sub-bacia.

Os solos expostos por rodovias, ocupam uma pequena área, sendo equivalente a 4,95km² (figura 48). Porém, o impacto na sub-bacia também é bastante relevante, devido as obras de terraplanagem que ocorrem ao longo desses ambientes. Na intenção de construir segmentos da rodovia MT-343 que fica entre os municípios de Cáceres e Barra do Bugres, estão sendo realizados aterros de alguns pontos do canal principal do córrego Taquaral. Com isso, mudanças na fisiografia e na dinâmica natural da sub-bacia estão ocorrendo constantemente, além disso, o solo exposto e compactado pode dificultar a infiltração da água, acelerando o escoamento superficial, deixando o solo mais vulneráveis a processos erosivos.

Uma pequena parte equivalente a 0,45km² representa a área florestal presente no ambiente de confluência do córrego Taquaral com o rio Paraguai. Esse local se caracteriza como um ambiente de acumulação da planície do rio Paraguai. Sua principal forma de uso é o extrativismo vegetal, entretanto, durante os trabalhos de campo, observou-se que o local também é utilizado na criação de animais de grande porte.

A cobertura vegetal é importante para que os impactos nesses locais sejam minimizados, principalmente os processos erosivos, em ambientes onde possuem cobertura vegetal os graus de fragilidade ambiental são quase nulos.

Almeida *et al.* (2012), corroboram com essa ideia ao afirmarem que a vegetação é um importante indicador geoambiental, por sofrerem influência dos fatores climáticos, edafológicos e bióticos, exercendo um importante papel na estabilização desses ambientes, pois protegem o solo dos processos erosivos, facilitam a distribuição, infiltração e acúmulo das águas pluviais e influência nas condições climáticas do ambiente.

Figura 47. Uso e cobertura da terra da sub-bacia do córrego Taquaral

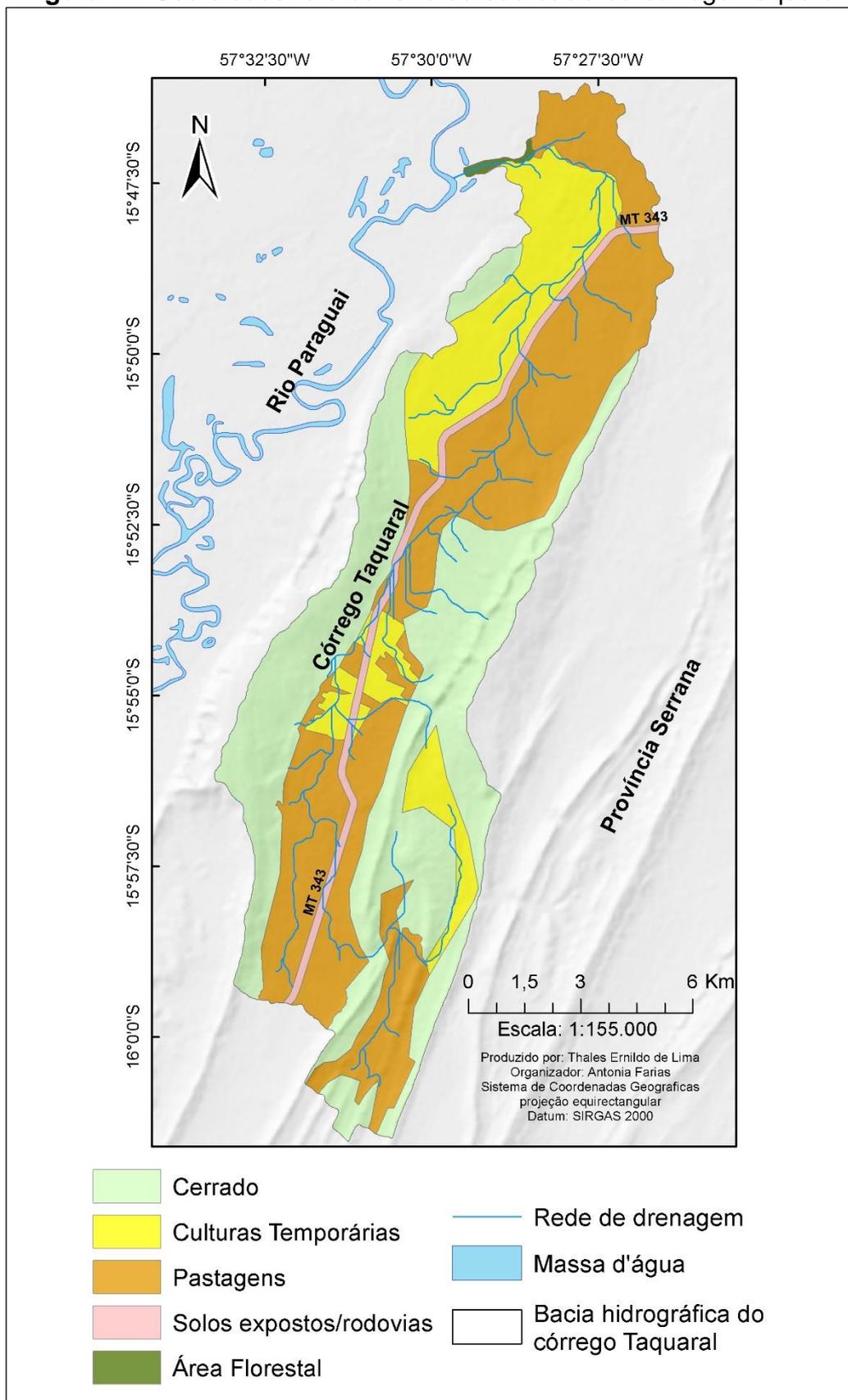
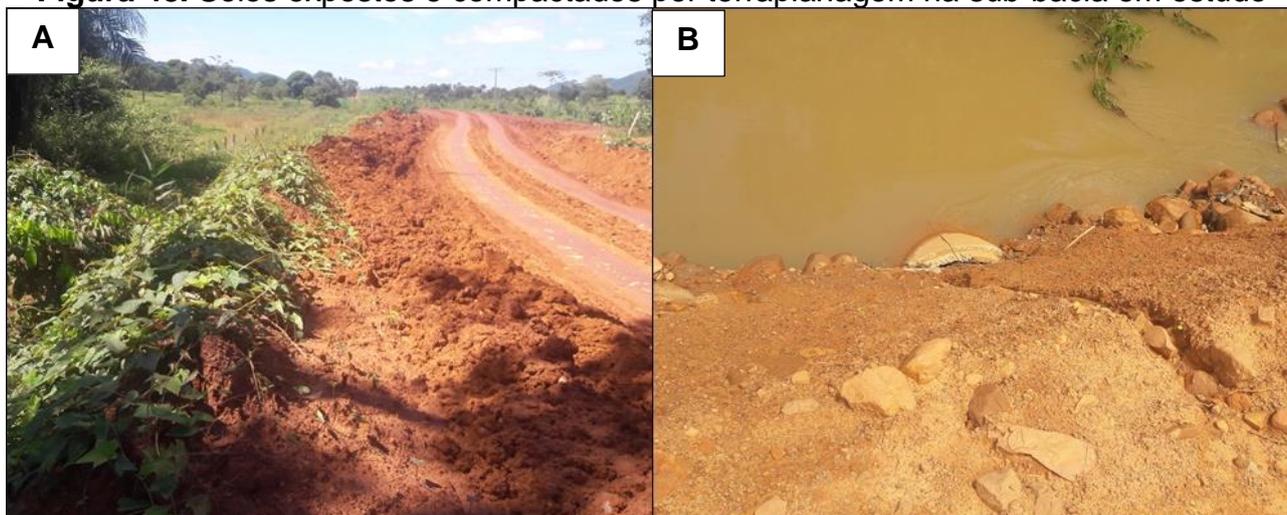


Figura 48. Solos expostos e compactados por terraplanagem na sub-bacia em estudo



Fonte: A Autora, (2018); (A) aterro realizado no canal para desvio e construção da estrada; (B) manilhas colocadas abaixo do aterro para a passagem da água do córrego.

4.3.2 Fragilidade ambiental da sub-bacia hidrográfica do córrego do Taquaral

4.3.2.1 Fragilidade Ambiental Potencial

No mapeamento da fragilidade potencial foram identificados 4 níveis diferentes: Fraca, Média, Forte e Muito Forte. Esse resultado está associado às diferentes características naturais que a área da sub-bacia apresenta. A tabela 03 mostra os graus de fragilidade potencial distribuídas na área da sub-bacia do córrego Taquaral.

Tabela 03. Níveis de fragilidade potencial na sub-bacia do córrego Taquaral

Grau de fragilidade potencial	Área (km ²)	%
Fraca	19,3	13,78
Média	64,93	46,36
Forte	50,6	36,13
Muito Forte	5,22	3,73

Fonte: A Autora, (2018).

Através da fragilidade potencial é possível identificar as áreas aptas à realização de práticas agrícolas e, os locais onde são propícios para a ocupação humana. Dessa forma, ao observar a tabela 03 e a figura 49, verifica-se que os níveis de fragilidade potencial que predominam na sub-bacia em estudo são a média e forte.

As áreas onde os graus de fragilidade potencial média, estão associados a relevos com baixos níveis de declividade entre 0% a 8% e a solos com média vulnerabilidade a

processos erosivos, nesse caso, os Argissolos Vermelhos-Amarelos. São locais que podem ser utilizados para práticas agrícolas, desde que seja feito um manejo adequado do solo e que respeite as Áreas de Preservação Permanente (APP's). Porém, durante a pesquisa, foi possível observar que em algumas seções (V e VI) de coleta de dados, que as APP's estão parcialmente preservadas e a prática da agricultura e pecuária são realizadas há poucos metros do leito do córrego Taquaral.

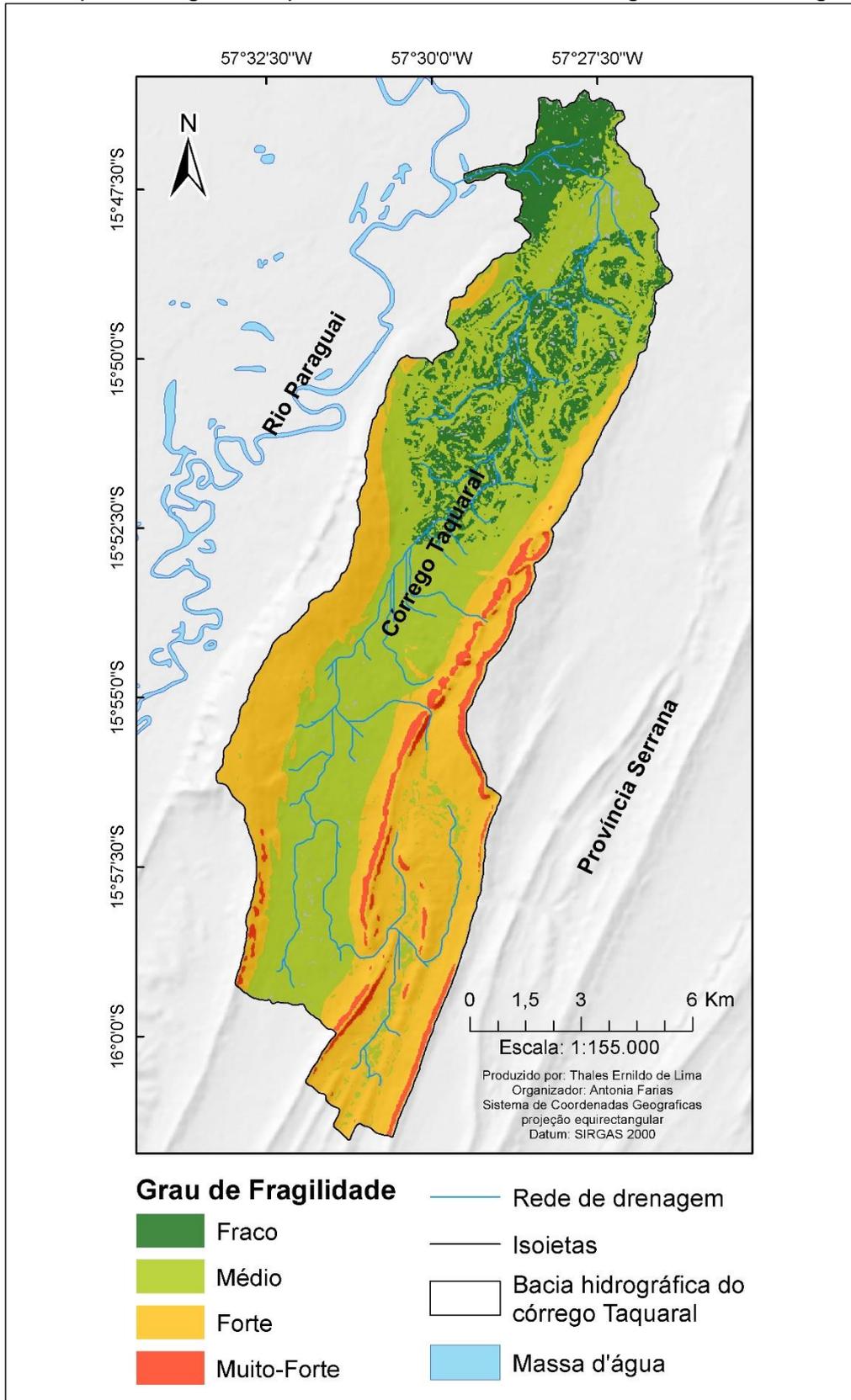
As áreas que obtiveram níveis de fragilidade potencial fraca, estão presentes principalmente no baixo curso (figura 49). Esses ambientes estão inseridos em locais onde os níveis de declividade são baixos e os tipos de solo são mistos, tendo a presença de Argissolos, Cambissolos e Gleissolos. Também podem ser utilizadas para práticas agrícolas, desde que respeitem alguns requisitos.

Outro grau de fragilidade potencial que predomina na área da sub-bacia do córrego Taquaral é a forte, que está associada a relevos com níveis de declividade mais elevados que chegam até 45% e a solos com alta vulnerabilidade a processos erosivos, neste caso, os Neossolos Litólicos. São áreas que possuem grandes incidências de chuvas durante o ano, fato que pode acelerar os processos erosivos.

Por possuírem maior declividade e solos rasos e frágeis, esses locais não são indicados para práticas antrópicas, sendo propícias apenas para áreas de preservação. Entretanto, na sub-bacia do córrego Taquaral essas áreas são utilizadas principalmente como pastagens e, em alguns trechos do médio curso, para práticas agrícolas, essa realidade pode ser prejudicial a esse ambiente, uma vez que, os graus de fragilidade emergente podem alterados no decorrer dos anos.

É possível observar na figura 49, que nas áreas onde o grau de fragilidade potencial foi muito alta, está agregado a ambientes onde estão os maiores níveis de declividade, podendo ser > 75%. O tipo de solo que predomina nessas áreas também são os Neossolos Litólicos e, por serem as áreas mais elevadas os índices de precipitação também são moderados. Dessa forma, esses ambientes devem ser apenas utilizados como áreas de preservação, pois, seus níveis de declividade não permitem a prática de atividades agropecuárias. Para tanto, em alguns trechos desses ambientes, ainda são utilizadas na pecuária.

Figura 49. Mapa de fragilidade potencial da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral



De modo geral, pode-se concluir que os ambientes nos quais a fragilidade potencial se apresentou Média, Forte ou Muito forte, o principal fator ambiental que esses ambientes tem em comum a declividade mais elevadas, dessa forma, é possível afirmar que as características do relevo influenciarão de forma significativa no grau de fragilidade de um ambiente.

No caso da sub-bacia do córrego Taquaral, o relevo influencia tanto na dinâmica, quanto nas características fisiográficas e nos graus de fragilidade dos ambientes. Nas áreas de menor declividade os níveis de fragilidade potencial também foram fracos. Entretanto, na análise da fragilidade ambiental também devem ser considerados os fatores antrópicos, assim, na sequência foi realizado o mapeamento da fragilidade emergente englobando todos esses fatores.

4.3.2.2 Fragilidade Ambiental Emergente

A análise da fragilidade emergente englobará os fatores naturais (fragilidade potencial) e antrópicos, considerando, principalmente, as formas em que o homem usa o solo da área. Vale ressaltar, que na fragilidade potencial foram indicados os ambientes aos quais são propícios a atividades antrópicas dentro da área da sub-bacia do córrego Taquaral, caso algumas dessas áreas sejam utilizadas de formas inadequadas, os graus de vulnerabilidade desse local podem se acentuar no decorrer do tempo e deixá-los mais frágeis.

Diferentemente da fragilidade potencial, a fragilidade emergente apresentou apenas 3 classes, um dos fatores que podem ter influenciado nesses resultados diferenciados são os diferentes níveis de declividade da área da sub-bacia e o acréscimo das formas de uso e cobertura vegetal.

Ao interpolar os dados de fragilidade potencial e uso e cobertura da terra, verificou-se que a classe de fragilidade emergente que predomina na sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral é a média ocupando uma área de 84,59km², seguido pela classe fraca com 56,54km² e uma pequena parte equivalente a 0,73km² apresentou fragilidade emergente forte (tabela 04).

Tabela 04. Níveis de fragilidade emergente da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral

Grau de fragilidade emergente	Área	%
Fraca	56,54	39,85
Média	84,59	59,63
Forte	0,73	0,51

Fonte: A Autora, (2018).

Na figura 50, observa-se que a maior parte da sub-bacia se encontra sobre a classe de fragilidade emergente média, nas áreas de relevo com declividades mais elevadas (75%) e algumas partes em locais onde a declividade é menor. Os solos presentes dentro dessa classe são os Neossolos Litólicos e os Argissolos Vermelhos-Amarelos. Estão inseridos nas formações geológicas Araras, Raizana e Sepotuba, assim, a litologia dessas áreas é composta por calcário, arenito, siltitos e folhelhos.

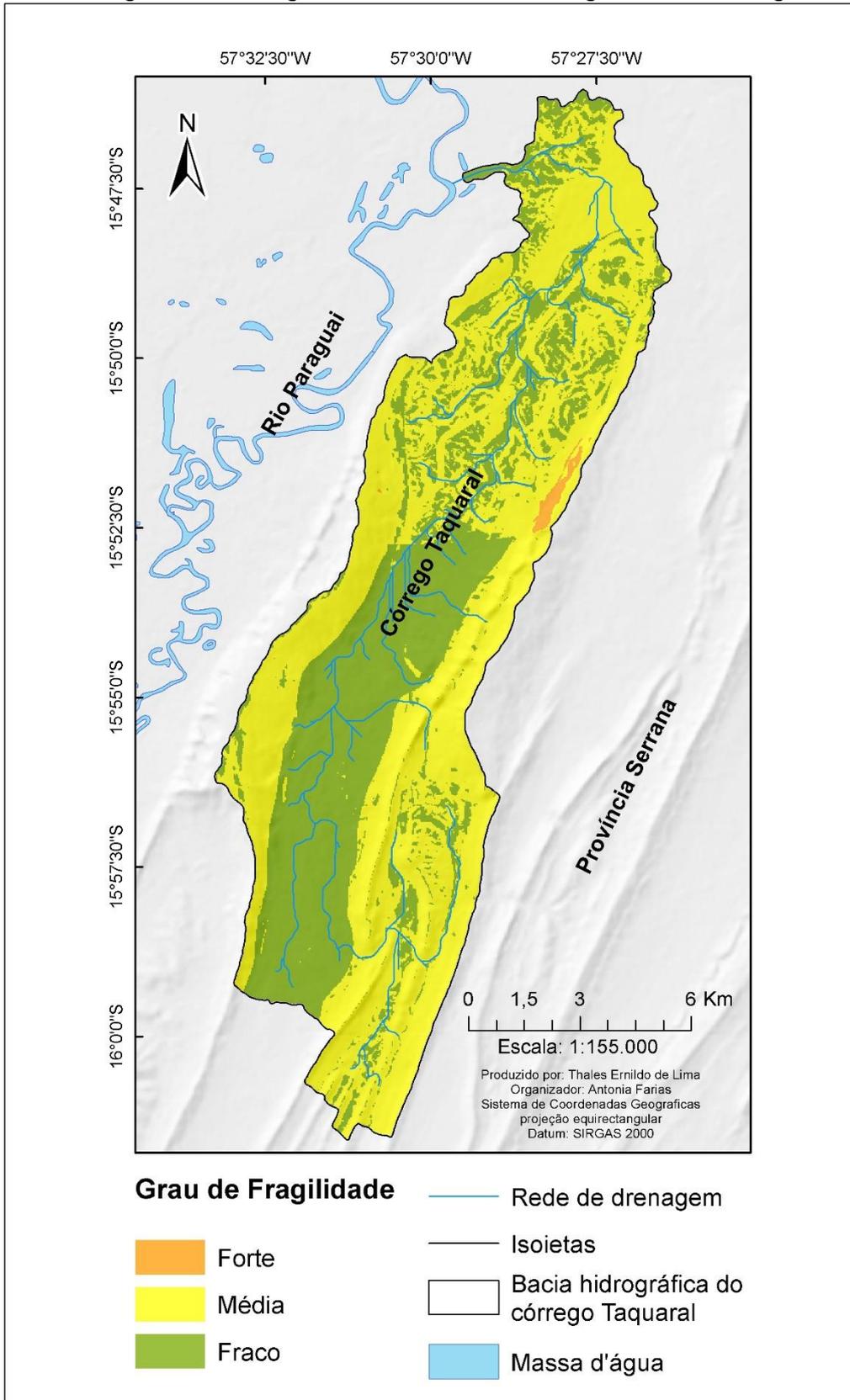
O grau de fragilidade média pode estar condicionado, principalmente, com os níveis de declividade mais elevados principalmente em partes do alto curso da área e pelas formas de uso da terra, os índices de precipitação também são maiores nesses ambientes, sendo um fator fundamental na aceleração de processos erosivos.

Nas áreas do médio e baixo cursos da bacia, os graus de fragilidade médio podem estar relacionados principalmente com as formas com que a área está sendo utilizada, pois, durante a atividade de campo foi possível observar áreas com solo exposto à construção de estradas/rodovias (figura 48a), aterros que desviaram o curso do canal principal (figura 48b), nas seções V e VI, por exemplo, foi observado que nos pontos de coleta de dados, a vegetação das margens encontravam-se pouco preservadas e a erosão hídrica está se acentuando nas margens, causando o aumento de descarga sólida e o assoreamento do canal (figura 43).

Outro fator natural que pode ter contribuído para essa classe de fragilidade é o tipo de solo da área, uma vez que os Neossolos Litólicos são solos rasos e possuem alta vulnerabilidade a processos erosivos.

A classe de fragilidade emergente fraca também é bastante relevante na área da sub-bacia representando 56,54km² de extensão. Como é possível observar na figura 50, essa classe de fragilidade está presente, principalmente, em áreas do médio e baixo curso, apresentando pequenas partes no alto curso, onde os níveis de declividade chegam a 8%, caracterizando um relevo suave-ondulado.

Figura 50. Fragilidade emergente da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral



Por estarem presentes, principalmente, na Formação geológica Sepotuba que tem sua litologia composta por siltitos e folhelhos e os solos predominantes são os Argissolos-Vermelhos Amarelos.

O grau de fragilidade emergente fraca pode ser explicado, devido ao relevo que é pouco inclinado e as formas de uso nesses ambientes são basicamente a pecuária, por serem áreas de pastagens. Sendo assim, as pastagens em alguns casos servem como proteção para o solo, contribuindo para que os processos erosivos sejam menos acentuados nesses locais, resultando em ambientes com baixa fragilidade ambiental.

Uma área pequena equivalente a 0,73km² apresentou classe de fragilidade emergente forte, podendo estar vinculado as características do relevo, pois nessa parte específica apresenta nível de declividade > 75%, caracterizando um relevo forte-escarpado, ressaltando ainda, que o solo presente nesse ambiente é o Neossolo Litólico. Portanto, a influência do grau de fragilidade nessa área está totalmente relacionada aos fatores ambientais, em razão de que são áreas que possuem pouca atividade antrópica.

De modo geral, é possível notar que as classes de fragilidade ambiental emergente fraca e média, juntas ocupam 99,48% da área total. Apesar de ser vista como uma boa classificação é preciso realizar algumas ressalvas, logo, nas áreas onde há solo exposto por rodovias ou por atividades antrópicas, deixam o solo sem proteção vegetal e mais vulneráveis a processos erosivos, uma vez que o escoamento superficial pode ocorrer de forma mais acelerada, intensificado os processos erosivos. Nas seções IV, V e VI, foram identificadas erosões hídricas acentuadas que estão acarretando no assoreamento do canal.

Outra questão é que nos ambientes onde a classe de fragilidade emergente é média, o relevo é predominantemente mais inclinado, sendo possível concluir, que os graus de fragilidade emergentes nesses ambientes têm influência direta das características do relevo e do tipo de solo, que nesse caso, são os Neossolos.

Santos (2005), realizou o mapeamento da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Jirau-PR, e obteve fragilidade ambiental fraca e média como predominantes nesse ambiente, sendo esse resultado parecido com o da sub-bacia córrego Taquaral. Ghezzi (2003), ao avaliar a fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do rio Xaxim-PR identificou classes de fragilidade que variaram entre fraca a muito forte, sendo condicionados pelos

tipos de solo e declives acentuados, esses resultados são maiores do que as do córrego Taquaral, porém, os dois tiveram influências das mesmas características.

Por fim, Melo (2007), estudou a fragilidade ambiental presente na bacia hidrográfica do Alto Parnaíba e encontrou o predomínio de classes de fragilidade entre a fraca e a forte, neste estudo, o resultado teve influência da escassez da vegetação nativa na bacia e a prática da agricultura na área, sendo essa classificação semelhante à da sub-bacia do córrego Taquaral.

No quadro 09, foi realizada uma síntese dos fatores naturais e antrópicos presentes dentro da área da sub-bacia, que influenciam na variação das classes de fragilidade ambiental.

Quadro 09. Síntese da distribuição do grau de fragilidade ambiental emergente na área da sub-bacia em estudo

Classe de fragilidade	Declividade	Litologia	Ocorrência de solos	Precipitação	Tipos de uso	Processos atuantes
Fraca	De 0 a 8%	Argilitos e siltitos da Formação Pantanal, Sepotuba e Aluviões Atuais	Gleissolos Háplicos e Argissolos Vermelhos-Amarelos	De 685,8mm a 816,4mm	Extrativismo vegetal e pastagens	Escoamento superficial e erosão hídrica
Média	De 0 A 75%	Siltitos e folhelhos da Formação Sepotuba; Arenito e Calcário das Formações Araras e Raizana	Argissolos Vermelhos-Amarelos, Neossolos Litólicos e Cambissolos Háplicos	De 816,5 a 1.314mm	Culturas temporárias e pastagens	Escoamento superficial, erosão hídrica e pluvial
Forte	>75%	Calcário e arenito das Formações Araras e Raizana	Neossolos Litólicos	De 816,5 a 1.314mm	Área composta por serras de alta declividade e são usadas para pastagens em alguns pontos.	Escoamento superficial e erosão pluvial

Fonte: A Autora, (2018).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como foco principal, a análise integrada das características morfométricas, e da dinâmica fluvial, bem como, o mapeamento das fragilidades ambientais existentes dentro da sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral. Dessa forma, os aspectos morfométricos contribuíram à determinação dos aspectos físicos; através da dinâmica fluvial obteve-se o conhecimento do comportamento hidrológico e, a partir do mapeamento da fragilidade ambiental foi possível indicar os pontos vulneráveis da sub-bacia de forma potencial e emergente. A primeira considerou somente os elementos naturais e a segunda englobaram, tanto os fatores naturais quanto os antrópicos.

A sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral é afluente da margem esquerda do rio Paraguai, na zona rural do município de Cáceres-MT, possui 48 afluentes e, é classificada como de 3º ordem, ou seja, pouco ramificada. A densidade de rios é de 0,33 canais/km², o que significa que a sub-bacia possui baixa capacidade de gerar novos cursos de água. A densidade de drenagem é de 0,75km/km², o que a caracteriza como mal drenada. O índice de sinuosidade do canal é baixo, atribuindo, ao mesmo tempo, um padrão retilíneo, isso se deve ao controle estrutural da Província Serrana na bacia.

Através das variáveis hidrodinâmicas, foi possível identificar a descarga líquida e de sólido suspenso, assim como, a granulometria dos sedimentos de fundo. A vazão foi maior nas seções localizadas no médio e baixo curso, principalmente no período de cheia. A carga de sedimentos em suspensão foram maiores no alto e, em algumas seções do médio curso. Porém, as maiores descargas sólidas suspensas foram no médio e baixo curso, por possuírem maiores vazões. Com referência aos aspectos sedimentológicos, as maiores porcentagens registradas foram de areia fina na maioria das seções analisadas.

A análise empírica da fragilidade ambiental ocorreu através de dois mapeamentos distintos, divididos entre a fragilidade potencial e a emergente. Na fragilidade potencial, as classes que se destacaram foram a média e a forte, representando 82,49% da área, sendo que as características naturais que mais influenciaram nesse resultado foram os níveis de declividade do relevo e os tipos de solos presentes nesses ambientes, onde os níveis de declividade chegam a 8% e o grau de fragilidade foi média, nos ambientes onde a declividade pode chegar a 45% a fragilidade foi média.

Na fragilidade emergente, as classes que se destacaram foram a fraca e a média, sendo que os principais fatores que influenciaram, foram as características do relevo, o solo e as formas de uso e cobertura vegetal. Nos ambientes onde a fragilidade emergente se apresentou como fraca, possuem relevo pouco inclinado e as formas de uso é a criação de animais de grande porte, por serem áreas cobertas por pastagens, que de certa forma, também oferece proteção ao solo, inibindo em partes a aceleração dos processos erosivos.

Já nos ambientes onde a fragilidade emergente se mostrou média, são em locais com baixa e alta declividade. Nos locais de alta declividade, outro fator que contribui no aumento da fragilidade, foi o tipo de solo, sendo os Neossolos Litólicos, que possuem grau de fragilidade alta a processos erosivos. Nas áreas onde a declividade é baixa, o aumento da fragilidade está relacionado com os usos da terra, tendo em vista que essas áreas são utilizadas para o cultivo de culturas temporárias, além disso, em alguns trechos possuem áreas com solo exposto, o que contribui para o aumento da fragilidade do solo a processos erosivos.

Contudo, os dados obtidos neste estudo fornecem um leque de informações referentes à sub-bacia hidrográfica do córrego Taquaral. Esses resultados possuem relação entre si, uma vez que a partir do conhecimento da fisiografia é possível identificar o comportamento hidrológico e as fragilidades desse ambiente. A fragilidade ambiental, por sua vez, mostra os pontos frágeis da bacia e mais vulneráveis a processos erosivos, determinando as áreas mais propícias para atividades antrópicas. O uso inadequado desse ambiente pode alterar sua dinâmica natural e aumentar os processos erosivos, assim como, a carga de sedimentos transportadas pelo córrego. Portanto, esse estudo pode servir como subsídio para um planejamento e gestão adequada da bacia hidrográfica do córrego Taquaral.

6 REFERÊNCIAS

- AB´SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo, SP: Ateliê Editorial, 2003.
- ABDALLA, L. dos S.; CRUZ, C. B. M. Análise de fragmentação florestal no município de Silva Jardim, APA do Rio São João, RJ: **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 67/1, 2015. p.169-184.
- ALI, U.; ALI, S. A. Analysis of grainage morphometry and watershed prioritization of romushi – sasar catchment, kashmir valley, Índia using remote and GIS technology. **International Journal of Advanced Research**, v. 2, n. 12, 2014. p. 5-23.
- ALMEIDA, N. V.; CUNHA, S. B. da.; NASCIMENTO, F. R. A cobertura vegetal e sua importância na análise morfodinâmica da bacia hidrográfica do Rio Taperoá Nordeste do Brasil/Paraíba. **Revista Geonorte**, ed esp., v. 3, n. 4, 2012. p. 365-378.
- ALVES, W. dos S.; MARTINS, A. P.; SANTOS, A. K. F. dos.; MOURA, D. M. B. Análise da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do Ribeirão Douradinho, Sudoeste de Goiás. Jataí, GO: **Revista Eletrônica do Curso de Geografia – UFG/REJ**. n. 29, jul./dez., 2017. p. 164-183.
- ANDRADE, J. J. de S.; NUNES, F. C.; VILAS BOAS, G. da S.; CARVALHO, C. C. N. de.; SILVA, E. F. da. **Estudos morfológicos e morfométrico nas bacias do Riacho Cabaçu e Riacho dos Negros, Litoral Norte da Bahia**. Rio de Janeiro, RJ: EMBRAPA, 2014.
- ANDRADE, L. N. P. da S.; *et al.* Uso e ocupação da bacia hidrográfica do Rio Jauru. *In*: SOUZA, C. A. de.; SOUSA, J. B. de.; ANDRADE, L. N. P. da S. (orgs.). **Bacia Hidrográfica do Rio Jauru – Mato Grosso: Dinâmica espacial e impactos associados**. São Carlos, SP: RiMa Editora, 2012. p. 81-120.
- ANDRADE, L. N. P. da S.; SOUZA, C. A. de. Sub-Bacia Hidrográfica do Córrego das Pitas: Análise Batimétrica e Transporte de Sedimentos. São Paulo, SP: UNESP, **Geociências**, v. 28, n. 4, 2009. p. 387-400.
- ANTONELI, V.; THOMAZ, E. L. Caracterização do meio físico da bacia do arroio Boa Vista – Guamiranga-PR. Uberlândia, MG: **Caminhos de Geografia**, v. 8, n. 21, jun., 2007. p. 46-58.
- ARAUJO, R. da C. **Estudo da Erodibilidade de Solos da Formação Barreiras – RJ**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Católica do Rio de Janeiro (UCRJ), Rio de Janeiro, RJ: UCRJ, 2000. 169 p.
- AZEVEDO, D. G. de.; GOMES, R. L.; MORAES, M. E. B. de. Estudos da fragmentação da paisagem na definição de áreas prioritárias para a recuperação ambiental da bacia hidrográfica do rio Buranhém. Maringá, PR: **Boletim de Geografia**, v. 34, n. 2, 2016. p.127-144.

BASTIAN, O.; SCHREIBER, K. F. **Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft**. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 1999.

BERTALANFFY, L. V. **General System Theory**: Foundations, development, applications. New York: George Braziller, 1968.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física global. Esboço metodológico. Curitiba, PR: **Revista RA'E GA**, n. 8, 2004. p. 141-152.

BHARADWAJ, A. K.; PRADEEP, C.; THIRUMALAIVASAN, D.; SHANKAR, C. P.; MADHAVAN, N. Morphometric analysis of adyar watershed. **Journal of Mechanical and civil Engineering**, 2014. p. 71-77.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. da. Bacia Hidrográfica e Qualidade ambiental. *In*: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro, RJ: Bertrand Brasil, 2007. p. 153-189.

BRANCO, N. **Avaliação da produção de sedimentos de eventos chuvosos em uma pequena bacia hidrográfica rural de encosta**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS: UFSM, 1998. 135 p.

BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília-DF: Casa Civil, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso em: 20 nov. 2018.

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

BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G. A bacia hidrográfica: aspectos conceituais e caracterização geral da bacia do rio Mogi-Guaçu. *In*: BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G. **Limnologia Fluvial**: um estudo no Rio Mogi-Guaçu. São Carlos, SP: RiMa, 2003.

BÜHLER, B. F. **A influência da geologia e do uso e ocupação da terra na qualidade da água e composição sedimentar do Córrego Jacobina, município de Cáceres-MT**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Cáceres, MT: UNEMAT, 2016. 157 p.

CAMARGO, L. **Atlas de Mato Grosso**: abordagem socioeconômico-ecológica. Cuiabá, MT: Entrelinhas, 2011.

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

CASTRO, S. B.; CARVALHO, T. M. Análise morfométrica e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Turvo-GO, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. **Scientia Plena**, v. 5, n. 2, 2009. p. 3-7.

CHARLTON, R. **Fundamentals of fluvial geomorphology**. London: Routledge, 2007.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed., São Paulo, SP: Edgar Blücher, 1980.

CLAVAL, P. A Paisagem dos Geógrafos. *In*: CORRÊA, R. L.; ROSENDAHL, Z. (Orgs.). **Paisagens, Textos e Identidades**. Rio de Janeiro, RJ: EDUERJ, 2004. p. 13-74.

COELHO, R. M.; *et al.* Mapeamento convencional e digital de classes de solos desenvolvidos de arenitos em Microbacia Hidrográfica em Botucatu, SP. *In*: CASTRO, S. S. de.; HERNANI, C. (Orgs.). **Solos frágeis: caracterização, manejo sustentabilidade**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2015. p. 89-109.

CORRÊA, R. L. Espaço: um conceito-chave da Geografia. *In*: CASTRO, I. E. de.; GOMES, P. C. da C.; CORRÊA, R. L. (Orgs.). **Conceitos e Temas**. 13. ed., Rio de Janeiro, RJ: Bertrand Brasil, 2010. p. 15-47.

CORRÊA, R. L. O espaço geográfico: Algumas considerações. *In*: SANTOS, M. (Org.). **Novos rumos da Geografia brasileira**. 3. ed., São Paulo, SP: Editora Hucitec, 1993. p. 25-34.

CORRÊA, R. L.; ROSENDAHL, Z. Apresentando leituras sobre Paisagem, Tempo e Cultura. *In*: CORRÊA, R. L.; ROSENDAHL, Z. **Paisagens, Textos e Identidades**. Rio de Janeiro, RJ: EDUERJ, 2004. p. 7-11.

COSTA, J. B. da. **Percepção ambiental da comunidade de alto alegre na implantação do garimpo no município de Matupá – MT**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em Geografia) – Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Tangará da Serra, MT: UNEMAT, 2014. 48 p.

COSTA, T. D.; LANÇA, R. Hidrologia de Superfície. **Universidade do Algarve**, v. 1, 2011.

CRUZ, J. S. B. da. **Caracterização ambiental ocupação e uso da terra e dinâmica fluvial na bacia hidrográfica do córrego Facão no município de Cáceres, Mato Grosso**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Cáceres, MT: UNEMAT, 2015. 100 p.

CRUZ, L. M.; PINESE JÚNIOR, J. F.; RODRIGUES, S. C. Abordagem cartográfica da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica da Glória-MG. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 62/63, 2010.

CRUZ, J. da S.; SOUZA, C. A. de. Dinâmica hidrológica, morfológica e sedimentológica dos córregos urbanos: Fontes e Olhos d'Água – Mato Grosso. **Revista Equador (UFPI)**, v. 7, n. 1, 2018. p. 96-113.

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. 4. ed., Rio de Janeiro, RJ: Bertrand Brasil, 2008. 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, 2009. p. 211-252.

DEFFONTAINES, J. P. Analyse du paysage et étude régionale des systèmes de production agricole. **Économie rurale**, n. 98, 1973. p. 3-13.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed., Rio de Janeiro, RJ: EMBRAPA, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Manual de Métodos de análises de solos**. 2. ed., Rio de Janeiro, RJ: EMBRAPA Solos, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed., Brasília, DF: EMBRAPA, 2018.

FREITAS, R. O. Textura da drenagem e sua aplicação geomorfológica. **Boletim Paulista de Geografia**, n. 11, 1952. p. 53-57.

GHEZZI, A. O. **Avaliação e mapeamento da fragilidade ambiental da bacia do rio Xaxim, Baía de Antonina – PR, com o auxílio de geoprocessamento**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR: UFPR, 2003. 64 p.

GOMES, M. A. V.; SANTOS, M. V. dos. **Aspectos das formações vegetais/uso e ocupação do solo**: memória técnica. Parte 2: Sistematização das Informações Temáticas - Nível Compilatório. Cuiabá, MT, 2001.

GONÇALVES, A. K. **Análise ambiental e morfométrica da bacia hidrográfica do Córrego Santo Antônio – São Francisco Xavier (SP)**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista (UEP), Botucatu, SP: UEP, 2016. 97 p.

GRIEBELER, N. P.; PRUSKI, F. F.; MARTINS JUNIOR, D.; SILVA, D. D. Avaliação de um modelo para a estimativa da lâmina máxima de escoamento superficial. **Revista Brasileira de ciência do solo**, v. 25, n. 2, 2001. p. 411-417.

GRIZIO, E. V.; SOUZA FILHO, E. E. de. Geomorfologia do rio Paraguai. *In*: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA. Montevidéo, Uruguai. 10, 2009, Uruguai. **Anais** [...]. Montevidéo – Uruguai: Observatório Geográfico da América Latina, dez., 2009.

GRIZIO-ORITA, E. V.; COSTA, S. B. da. Produção de sedimentos em Bacias Hidrográficas. *In*: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA –

REENCONTRO DE SABERES TERRITORIAIS LATINO-AMERICANOS, 14., 2013, Lima – Peru. **Anais** [...]. Lima – Peru: Observatório Geográfico da América Latina, 2013.

GUERRA, A. J. T.; BOTELHO, R. G. M. Geoquímica dos solos. *In*: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da.; BOTELHO, R. G. M. (Orgs.). **Erosão e Conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 9 ed., Rio de Janeiro, RJ: Bertrand Brasil, 2014. 340 p.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário Geológico-Geomorfológico**. 6. ed., Rio de Janeiro, RJ: Bertrand Brasil, 2008.

GUERRA, M. D. F.; SOUZA, M. J. N. LUSTOSA, J. P. G. Revisitando a Teoria Geossistêmica de Bertrand no século XXI: Aportes para o GTP (?). **Geografia em questão**, v. 5, n.2, 2012. p. 28-42.

HARTSHORNE, R. "Landschaft" And "Landscape". *In*: HARTSHORNE, R. **The nature of Geography**. Kansas: Associação dos geógrafos americanos, 1946. p.149-174.

HOOKE, J. M. An analysis of the processes of river bank erosion. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 42, 1979. p. 39-62.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual Técnico de Pedologia**. 2 ed., Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual Técnico de Vegetação Brasileira**. 2 ed., Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2012.

JUSTINIANO, L. A. A. **Dinâmica fluvial do rio Paraguai entre a foz do Sepotuba e a foz do Cabaçal**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Cáceres, MT: UNEMAT, 2010. 72 p.

KAWAKUBO, F. S.; MORATO, R. G.; CAMPOS, K. C.; LUCHIARI, A.; ROSS, J. L. S. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia, GO. **Anais** [...]. Goiânia, GO: INPE, 2005. p. 2203-2210.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Técnicas de pesquisa**. 3. ed., São Paulo, SP: Atlas, 2007.

LELI, I. T; STEVAUX, J. C.; NÓBREGA, M. T. da. Produção e transporte da carga suspensa fluvial: teoria e método para rios de médio porte. **Boletim de geografia**, Maringá, PR, v. 28, n. 1, 2010. p. 43-58.

LIMA, T. S.; CANDEIAS, A. L. B.; CUNHA, M. C. C. Bioindicadores e sensoriamento remoto como subsídios à gestão dos recursos hídricos no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 6, 2017. p.1975-1994.

LIMA, V. C.; LIMA, M. R. de.; MELO, V. de. F. **Conhecendo os principais solos do Paraná**. Curitiba, PR: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012.

LORANDI, R.; CANÇADO, C. J. Parâmetros físicos para gerenciamento de bacias hidrográficas. *In*: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. (Orgs.). **Conceitos de Bacias Hidrográficas: Teorias e Aplicações**. Ilhéus, BA: Editus, 2002. p. 37-65.

MACIEL, A. B. C.; LIMA, Z. M. C. O conceito de paisagem: diversidade de olhares. Natal, RN: **Sociedade e Território**, v. 23, jul./dez., 2011. p. 159-177.

MAIA, R. P.; CAVALCANTE, A. A. Erosão e assoreamento do rio Jaguaribe em Limoeiro do Norte – CE: Marcas de uma evolução acelerada. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 5. **Anais [...]**. UFMS – RS, 2004. p. 1-13.

MATTOS, S. H. V. L. de.; PEREZ FILHO, A. Complexidade e estabilidade em sistemas geomorfológicos: uma introdução ao tema. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, n. 1, a. 5, 2004. p.11-18.

MELO, N. A. de. **Fragilidade Ambiental na bacia hidrográfica do Alto Parnaíba**. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Federal de Pernambuco (UFP), Recife, PE, 2007. 150 p.

MESHAM, S. G.; SHARMA, S. K. Prioritization of watershed through morphometric parameters: a PCA-based approach. **Springer**, v. 7, 2015.

MESSIAS, C. G.; FERREIRA, M. F. M.; RIBEIRO, M. B. P.; MENEZES, M. D. Análise empírica de fragilidade ambiental utilizando técnicas de geoprocessamento: o caso da área de influência da Hidrelétrica do Funil – MG. **Revista Geonorte**, v. 2, n. 4, 2012. p. 112-125.

MORAES, 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*: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 8., 2010; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, 3., 2010, Recife, PE. **Anais [...]**. Recife, PE: União da Geomorfologia Brasileira, 2010.

NARDINI, R. C.; *et al.* Análise morfométrica e simulação das áreas de preservação permanente de uma microbacia hidrográfica. **Irriga, Botucatu**, v. 18, n. 4, out./dez., 2013. p. 687-699.

NÉGREL, P.; RIGOLLET, C. Dynamique de l'eau, de l'érosion à la sédimentation. **Geosciences**, n. 13, 2011. p. 64-71.

NOVO, E. M. L. de M. Ambientes Fluviais. *In*: FLORENZANO, T. G. (Org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2008.

NUNES, F. G.; RIBEIRO, N. C.; FIORI, A. P. Propriedades morfométricas e aspectos físicos da bacia hidrográfica do rio Atuba: Curitiba-Paraná. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE

GEOMORFOLOGIA. 6., 2006. Goiânia, GO. **Anais [...]**. Goiânia, GO: União da Geomorfologia Brasileira, 2006. p. 1-10.

OLIVEIRA NETO, M. B. de.; *et al.* Contribuição ao estudo de solos frágeis na Região Semiárida – Petrolina, PE. *In*: CASTRO, S. S. de.; HERNANI, C. (Orgs.). **Solos frágeis: caracterização, manejo sustentabilidade**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2015. p. 111-133.

OLIVEIRA, G. H. de.; PINTO, A. L.; LORENCETTI, G. da S. A fragilidade Ambiental da bacia hidrográfica do Córrego Bom Jardim, Brasilândia-MS. **ANAP: Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 9, n. 2, 2013. p. 78-93.

PADILHA, D. G. **Geoprocessamento Aplicado na Caracterização da Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Arroio Grande, RS**. Dissertação (Mestrado em Geomática) – Universidade Federal de Santa Maria (UFMS), Santa Maria, RS: UFMS, 2008. 87 p.

PEREIRA, T. T. C.; *et al.* Gênese de Latossolos e Cambissolos desenvolvidos de rochas pelíticas do Grupo Bambuí – Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, 2010. p. 1283-1295.

PINTO JUNIOR, O. B.; ROSSETE, A. N. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Ribeirão Cachoeira, MT-Brasil. **Revista Eletrônica Geoambiente**, Jataí, GO, n. 4, jan./jun., 2005. p. 38-53.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E. dos.; DEL PRETTE, M. E. A utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. *In*: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. (Orgs.). **Conceitos de bacias hidrográficas: Teorias e aplicações**. Ilhéus, BA: Editus, 2002. p. 17-35.

PISSINATI, M. C.; ARCHELA, R. S. Geossistema território e paisagem – método de estudo da paisagem rural sob a ótica bertrandiana. Londrina, PR: **Geografia**, v. 18, n. 1, jan./jun., 2009. p. 5-31.

POLON, L. C. K. Espaço Geográfico: Breve discussão teórica acerca do conceito. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 10, n. 2, 2016. p. 82-92.

PROVENZANO, G. R. P.; NUNES, V. C. O.; SANTOS, A. P. A. Conhecendo Mato Grosso. Cuiabá, MT: **Revista Saberes em Rede**, a. II, n. 2, jul./dez., 2012. p. 41-49. Disponível em:
<http://www.cefaprocuiaba.com.br/revista/up/Revista%20Saberes%20em%20Redes%20-%20N.%20II.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2018.

QUÍLBÉ, R.; ROUSSEAU, A. N.; MOQUET, J. S.; SAVARY, S.; RICHARD, S.; GARBOUJ, M. S. Hydrological responses of a watershed to historical land use Evolution and future land use scenarios under climate change conditions. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 12, 2008. p. 101-110.

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

RIBAS, A. D.; SANTOS, D. E. P.; RIBEIRO, J. C.; SOUSA, M. T. R. Marxismo e Geografia: paisagem e espaço geográfico – uma contribuição para o entendimento da sociedade contemporânea. **Caderno Prudentino de Geografia**. Presidente Prudente: AGB, n. 21, 1999. p. 103-124.

RIBEIRO FILHO, W.; LUZ, J. S.; ABREU FILHO, W. **Projeto serra Azul**: reconhecimento geológico. 4 vol. Relatório final. Relatório do Arquivo Técnico (DGM, 2407). v. 1. Goiânia, GO: DNPM/CPRM, 1975.

RICHARD, J. F. Paysages, écosystèmes, environnement: une approche géographique. **L'Espace Géographique**, Paris, n. 2, 1975. p. 81-92.

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

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da. Paisagens e Geossistemas como unidades espaciais. In: RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da. **Planejamento e Gestão Ambiental**: Subsídios da Geoecologia das Paisagens e da Teoria Geossistêmica. Fortaleza, CE: Edições UFC, 2013. p. 75-128.

ROSESTOLATO FILHO, A. **Geomorfologia aplicada ao saneamento básico na cidade de Cáceres, Mato Grosso**. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ: UFRJ, 2006. 144 p.

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.

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

ROSS, J. L. S. O contexto geotectônico e a morfogênese da Província Serrana de Mato Grosso. São Paulo, SP: **Revista IG**, v. 12, n. 1/2, jan./dez., 1991. p. 21-37.

ROSS, J. L. S.; FIERZ, M. S. M. Algumas técnicas de pesquisa em Geomorfologia. In: VENTURI, L. A. B. (Org.). **Praticando Geografia: técnicas de campo e laboratório**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2009. p. 69-84.

SALLES, I. H. F. O planeta terra: considerações sobre seu dinamismo. In: SALLES, I. H. F. **Conceitos de Geografia Física**. 2. ed., São Paulo, SP: Ícone, 1997. p. 53-108.

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, set., 2015. p. 30-35.

SANTANA FILHO, L. S.; LIMA, R. S. de. PINTO, J. E. S. de S. Análise do espaço geográfico da sub-bacia do Rio Cottingüiba – Sergipe – Brasil. *In: Encontro de Geógrafos da América Latina*, 10., 2005, São Paulo, SP. **Anais [...]**. São Paulo, SP: Universidade de São Paulo (USP), 2005. p. 13415-13441.

SANTANA, D. P. **Manejo integrado de bacias hidrográficas**. Sete Lagoas, MG: EMBRAPA, 2003.

SANTOS, A. M. dos.; *et al.* Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Revista Ambiente & Água – Na Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 7, n. 3, 2012. p. 195-2011.

SANTOS, E. de. **Mapeamento da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Jirau município de Dois Vizinhos – Paraná**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR: UFPR, 2005. 141 p.

SANTOS, M. dos. **Uso, ocupação da terra e dinâmica fluvial da bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha no município de Cáceres – Mato Grosso**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Cáceres, MT: UNEMAT, 2013. 150 p.

SANTOS, M. **Metamorfoses do Espaço habitado, fundamentos Teórico e metodológico da geografia**. São Paulo, SP: Editora Hucitec, 1988.

SANTOS, M. V. dos. **Aspectos Geológicos da Folha Rio Cururu – e Rio Teles Pires – memória técnica**. Parte 2: Sistematização das Informações Temáticas – Nível Compilatório. Cuiabá, MT, 2000.

SANTOS, P. T.; MARTINS, A. P. Paradigma sistêmico: análise de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Claro (GO) a partir de técnicas de geoprocessamento, **SELPER**, 2016. p.399-410.

SARTORI, A.; LOMBARDI NETO, F.; GENOVEZ, A. M. Classificação hidrológica de solos brasileiros para a estimativa da chuva excedente com o método do serviço de conservação do solo dos Estados Unidos parte 1: Classificação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH**, v. 10, n. 4, out./dez., 2005. p. 5-18.

SCHIAVO, B. N. de V.; HENTZ, A. M. K.; CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, C. R. Caracterização da fragilidade ambiental de uma bacia hidrográfica urbana no município de Santa Maria – RS. Santa Maria, RS: **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 20, n. 1, jan./abr., 2016. p. 464-474.

SCHIER, R. A. Trajetórias do conceito de paisagem na geografia. Curitiba, PR: **Revista Ra'E GA**, n. 7, 2003. p. 79-85.

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at perth amboy, New Jersey. **Bulletin Of The Geological Society Of America**, v. 67, may., 1956. p. 697-646.

SHEN, X.; ANAGNOSTOU, E. N.; MEI, Y.; HONG, Y. A global distributed basin morphometric dataset. **Scientific Data/Nature**, 2017.

SILVA JÚNIOR, J. B. C. **Fácies e estratigrafia da Formação Sepotuba**: Registro da última incursão marinha na transição Neoproterozóico-Cambriano na faixa Paraguai norte, Mato Grosso. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Manaus, AM: UFAM, 2006. 94 p.

SILVEIRA, A. L. L. da. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. *In*: TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia**: ciência e aplicação. 2. ed., Porto Alegre, RS: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2001. p. 35-51.

SIQUEIRA, H. E.; TIBERY, L. R.; GUIDOLINI, J. F.; VALLE JUNIOR, R. F.; RODRIGUES, V. A. Análise Morfométrica e definição do potencial de uso do solo da microbacia do rio veríssimo, Veríssimo – MG. Goiânia, GO: **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, 2012. p. 2236-2246.

SMITH, N. A produção do espaço. *In*: SMITH, N. **Desenvolvimento Desigual**. Rio de Janeiro, RJ: Bertrand Brasil, 1988.

SOARES, M. R. G. de J.; SOUZA, J. L. M. de. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Pequeno em São José dos Pinhais (PR). Londrina, PR: **Revista Geografia**, v. 21, n. 1, jan./abr., 2012. p. 19-36.

SOCHAVA, V. B. El objeto de la geografía física a la luz de la teoría sobre los geosistemas. **GEOgraphia**, a. 17, n. 33, 2015. p. 234-244.

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

SOUZA, C. A.; VENDRAMINI, W. J.; SOUZA, M. A. Assoreamento na baía do Sadao no rio Paraguai – Cáceres – Mato Grosso. **Cadernos de Geociências**. v. 9, n. 2, 2012. p. 85-93.

SOUZA, I. C. de. **Bacia Hidrográfica do Córrego Salobra**: caracterização ambiental, uso e ocupação da terra e dinâmica fluvial – município de Porto Estrela Mato Grosso. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Cáceres, MT: UNEMAT, 2015. 178 p.

SPÖRL, C. **Análise da fragilidade ambiental relevo-solo com aplicação de três modelos alternativos nas altas bacias do rio Jaguari-Mirim, Ribeirão do Quartel e**

Ribeirão da Prata. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP: USP, 2001. 165 p.

SPÖRL, C.; ROSS, J. L. S. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. São Paulo, SP: **GEOUSP – Espaço e Tempo**, n. 15, 2004. p. 39-49.

STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. Processo fluvial de transporte e sedimentação. *In*: STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2017. p. 119-154.

STIPP, N. A. F.; CAMPOS, R. A.; CAVIGLIONE, J. H. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Taquara – uma contribuição para o estudo das ciências ambientais. Londrina, PR: **Portal da Cartografia**, v. 3, n. 1, 2010.

STRAHLER, A. N. Quantative Analysis of Watershed Geomorphology. **Transactions, American Geophysical Union**, v. 38, n. 6, 1957. p. 913-920.

SUERTEGARAY, D. M. A. Espaço Geográfico Uno e Múltiplo. **Revista Eletrônica de Geografia Y Ciencias Sociales**, Barcelona, n. 94, 2001. Disponível em: <http://www.ub.edu/geocrit/sn-93.htm>. Acesso em: 23 mar. 2018.

SUERTEGARAY, D. M. A. Geografia e interdisciplinaridade. Espaço geográfico: interface natureza e sociedade. Florianópolis, SC: **Geosul**, v. 18, n. 35, jan./jun., 2003. p. 43-53.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar**. 1. ed., São Paulo, SP: Editora Blucher, 2003.

SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. 1. ed., São Paulo, SP: Edgard Blücher, 1973.

TAROLLI, P.; SOFIA, G. Human topographic signatures and derived geomorphic processes across landscapes. **Geomorphology**, n. 255, 2016. p. 140-161.

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. Araraquara, SP: **Revista Uniara**, n. 20, 2007.

THORNE, C. R.; TOVEY, N. K. Stability of composite river banks. **Earth surface processes and landforms**, v. 6, 1981. p. 469-484.

TONELLO, K. C.; *et al.* Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães – MG. Viçosa, MG: **Revista Árvore**, v. 30, n. 5, 2006. p. 849-857.

TRICART, J. O conceito ecológico. *In*: TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, RJ: IBGE – SUPREN, 1977.

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

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. Usos múltiplos das águas superficiais e subterrâneas. *In*: TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. (Orgs.). **Recursos Hídricos no Século XXI**. São Paulo, SP: Oficina de textos, 2011. p. 53-62.

VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. Nascentes. *In*: VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. **Conservação de Nascentes**: hidrologia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceiras. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2005. p. 39-48.

VALLE, I. C.; FRANCELINO, M. R.; PINHEIRO, H. S. K. Mapeamento da fragilidade ambiental na bacia Rio Aldeia Velha, RJ. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 2, 2016. p. 295-308.

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

VEIGA, A. M.; SANTOS, C. C. P.; CARDOSO, M. R. D.; LINO, N. C. Caracterização Hidromorfológica da bacia do rio meia ponte. Uberlândia, MG: **Caminhos de Geografia**, v. 14, n. 46, jun., 2013. p. 126-138.

VIEIRA, C. H. N.; *et al.* Análise multitemporal do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Alto Rio Jardim, Planaltina, DF: **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 1, 2018. p. 85-98.

VILELA FILHO, L. R.; VITTE, A. C. A utilização de técnicas morfométricas do relevo aplicadas na determinação da fragilidade ambiental: o caso da bacia do Córrego Proença, município de Campinas (SP). *In*: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA. 10., 2005, São Paulo, SP. **Anais [...]**. São Paulo, SP: Universidade de São Paulo (USP), 2005.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. Bacia Hidrográfica. *In*: VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo, SP: McGraw Hill, 1975. p. 6-27.

XAVIER, F. V.; SOUZA, C. A. de. **Avaliação integrada da bacia hidrográfica do córrego Taquaral através da análise de fragilidades e potencialidades ambientais**. Cáceres, MT: UNEMAT, 2016. No prelo.

XIAN, G.; CRANE, M. Assessments of urban growth in the Tampa Bay watershed using remote sensing data. **Revista de Gestão ambiental**, v. 97, n. 2, jul., 2005. p. 203-215.

YANG, C. T.; RANDLE, T. J.; HSU, S. K. Surface erosion, sediment transport, and reservoir sedimentation. **IAHS**, p.3-12, 1998. Disponível em: hydrologie.org/redbooks/a249/iahs_249_0003.pdf. Acesso em: 01 jun. 2018.