

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS

Programa de Pós-Graduação em Geografia - Tratamento da Informação Espacial

Klinsmann Cortezzi Pedras

**ANÁLISE DA RELEVÂNCIA DAS APP'S DE CURSO D'ÁGUA NA PROTEÇÃO
FÍSICA DE REDES HIDROGRÁFICAS: Estudo de Caso da Bacia Hidrográfica
do Córrego Marinheiro, Sete Lagoas - MG.**

Belo Horizonte - MG

2021

Klinsmann Cortezzi Pedras

ANÁLISE DA RELEVÂNCIA DAS APP'S DE CURSO D'ÁGUA NA PROTEÇÃO FÍSICA DE REDES HIDROGRÁFICAS: Estudo de Caso da Bacia Hidrográfica do Córrego Marinheiro, Sete Lagoas - MG.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós - Graduação em Geografia – Tratamento da Informação Espacial da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. José Flávio Morais Castro

Belo Horizonte - MG

2021

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

P371a Pedras, Klinsmann Cortezzi
Análise da relevância das APP's de curso d'água na proteção física de redes hidrográficas: estudo de caso da bacia hidrográfica do Córrego Marinheiro, Sete Lagoas - MG / Klinsmann Cortezzi Pedras. Belo Horizonte, 2021.
161 f. : il.

Orientador: José Flávio Morais Castro
Mestrado (Dissertação) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.
Programa de Pós-Graduação em Geografia - Tratamento da Informação Espacial

1. Bacias hidrográficas - Sete Lagoas (MG). 2. Área de preservação permanente (APP). 3. Proteção ambiental. 4. Morfogênese. 5. Intemperismo. 6. Marinheiro, Córrego, Bacia (MG) - Sete Lagoas (MG). 7. Águas pluviais. 8. Sedimentos fluviais. 9. Recursos hídricos. I. Castro, José Flávio Morais. II. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Geografia - Tratamento da Informação Espacial. III. Título.

CDU: 556.51

Klinsmann Cortezzi Pedras

**ANÁLISE DA RELEVÂNCIA DAS APP'S DE CURSO D'ÁGUA NA PROTEÇÃO
FÍSICA DE REDES HIDROGRÁFICAS: Estudo de Caso da Bacia Hidrográfica
do Córrego Marinheiro, Sete Lagoas - MG.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
- Graduação em Geografia – Tratamento da
Informação Espacial da Pontifícia Universidade
Católica de Minas Gerais, como requisito para
a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Análise Espacial

Prof. Dr. José Flávio Morais Castro - PUC Minas (Orientador)

Prof. Dra. Adriana Monteiro da Costa - UFMG (Banca Examinadora)

Prof. Dr. Alecir Antônio Maciel Moreira - PUC Minas (Banca Examinadora)

Belo Horizonte, 25 de março de 2021

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por todas as bênçãos e pela oportunidade.

À minha mãe Vânia, avó Tatá e tia Lelé pelo suporte familiar e apoio durante toda a minha vida. Tenho nelas, o meu porto seguro e o incentivo necessário em todos os desafios.

Ao meu avô Noé que nos deixou tão cedo, mas que sempre nos transmitiu tanto amor e carinho.

Aos meus irmãos Esquerre, Diego e Pedro Paulo (Pituca). Muito obrigado pelo companheirismo e a certeza de que podemos contar uns com os outros em todos os momentos.

À minha grande amiga de todas as horas Brenda Fernandes Limoeiro (Brendinha), a quem considero como uma irmã, muito obrigado pelo suporte, amizade e solidariedade de uma relação que vem sendo construída com muita confiança desde a graduação. Suas conversas, sugestões, auxílio e conhecimentos foram essenciais para o desenvolvimento da pesquisa.

Ao grande amigo/irmão Paulo Randt pela amizade e apoio, além do auxílio durante a última campanha de campo.

Ao grande amigo/irmão Ricardo ROSA pelo incentivo e amizade.

À professora Adriana Monteiro pelos ensinamentos, orientações e amizade construída desde o período como bolsista durante a graduação.

Ao pesquisador João Herbert da EMBRAPA Milho e Sorgo pelos ensinamentos e disponibilidade de sempre.

À ex-aluna e agora colega de trabalho Jessica Rainara agradeço pelo apoio e incentivo.

Ao amigo Guilherme Eduardo Macedo Cota pela amizade, contribuições bibliográficas e sugestões.

À amiga geógrafa Regina Gonçalves Bastos, a quem sou grato pelas conversas e suporte cartográfico.

Agradeço às colegas do IGC Amanda Ribeiro de Oliveira e Renata Jordan Henriques pelo auxílio cartográfico e amizade.

Ao professor Dr. José Flávio Morais Castro pela orientação e ensinamentos.

À toda equipe da diretoria de inclusão digital da PRODABEL, em especial a gerente pedagógica Maria da Conceição Lopes Alves e o Superintendente Wellington Ferreira Cardoso pelo apoio, incentivo e flexibilização nos horários de trabalho, que possibilitaram acompanhar as aulas presenciais durante o mestrado.

Agradeço aos funcionários e professores do Programa de Pós Graduação em Geografia - Tratamento da Informação Espacial da PUC Minas. Neste contexto, não poderia deixar de destacar os ensinamentos, disponibilidade e suporte dos professores Luiz Eduardo Panisset Travassos, João Henrique Rettore Totaro, Alecir Antônio Maciel Moreira e Oswaldo Bueno Amorim Filho.

Ao professor Jarbas Lima Dias Sampaio que ajudou muito com a disposição de base de dados.

À toda equipe que participou do projeto de pesquisa do córrego Marinheiro financiado pela FAPEMIG. Sem essa base de dados a pesquisa não teria alcançado os resultados na escala adequada.

Agradeço também a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento da minha bolsa de estudos. Sem esse suporte financeiro não teria conseguido concluir mais essa etapa da minha formação.

RESUMO

O processo de evolução do modelado terrestre é definido a partir do balanço entre os condicionantes endógenos e exógenos que determinam as taxas de pedogênese e morfogênese, resultando em diferentes níveis de instabilidade e, conseqüentemente, em múltiplas dinâmicas dos fluxos de água, materiais dissolvidos e sedimentos pelo relevo. Frente ao exposto, a presente pesquisa tem como objetivo analisar a relevância das áreas de preservação permanente (APP's) de curso d'água na proteção física de redes hidrográficas, a partir do estudo de caso da bacia hidrográfica do córrego Marinheiro em Sete Lagoas (MG), visando examinar o potencial de estabilidade inserido nas áreas definidas pela legislação como APP's, bem como sua capacidade de proteção frente às dinâmicas morfogenéticas inseridos em toda a área de drenagem. Ambicionando a compreensão de todos os aspectos e condicionantes que integram a problemática dos sólidos que chegam até o canal fluvial, realizou-se a busca por conteúdos imprescindíveis para a elaboração desta pesquisa, tais como, os agentes morfogenéticos exógenos (intemperismo, erosão, movimentos de massa e denudação), as dinâmicas fluviais, os fluxos superficiais inseridos nas vertentes e em toda a bacia hidrográfica e a contextualização das APP's como instrumento legal. A compreensão dos impactos físicos às redes hidrográficas é de suma importância tendo em vista que apesar deste ser um fenômeno natural, as intervenções antrópicas inadequadas desequilibram o processo de retirada, transporte e deposição de sólidos nos canais fluviais e podem afetar a dinâmica hidrológica, a qualidade e quantidade de águas disponíveis, acarretar em impactos ambientais negativos, além de causar danos sociais, econômicos e culturais as populações. A metodologia utilizada classifica os potenciais morfogenéticos de toda área de drenagem e qualifica segmentos da rede hidrográfica de acordo com os níveis de conservação, sendo que diversos dos parâmetros analisados estão diretamente relacionados à evolução do relevo e, conseqüentemente, a proteção física dos cursos d'água. Adquirido um diagnóstico ambiental da área de estudo, foi possível identificar espacialmente cinco níveis de susceptibilidade a morfogênese e, portanto, as zonas preferenciais para o fornecimento de sedimentos para as redes hidrográficas que, somado ao resultado da aplicação dos Protocolos de Avaliação Rápida de Rios (PAR) possibilitaram integrar as condições ambientais dos trechos

da rede hidrográfica com as formas, processos, materiais e dinâmicas das áreas de montante a jusante.

Palavras-chave: Áreas de Preservação Permanente. Análise Sistêmica. Morfogênese. Sólidos no Canal Fluvial.

ABSTRACT

The evolutionary process of the terrestrial model is defined based on the balance between the endogenous and exogenous conditions that determine the rates of pedogenesis and morphogenesis, resulting in different levels of instability and, consequently, in multiple dynamics of water flows, dissolved materials and sediments by the relief. In view of the above, this research aims to analyze the relevance of permanent preservation areas (APP's) of watercourses in the physical protection of hydrographic networks, based on the case study of the hydrographic basin of the Marinho stream in Sete Lagoas (MG), aiming at examining the stability potential inserted in the areas defined by the legislation as APP's, as well as its capacity of protection against the morphogenetic dynamics inserted in the entire drainage area. Aiming to understand all the aspects and conditions that integrate the problem of solids that reach the river channel, the search for essential contents for the elaboration of this research was carried out, such as the exogenous morphogenetic agents (weathering, erosion, movements of mass and denudation), the river dynamics, the superficial flows inserted in the slopes and in the entire hydrographic basin and the contextualization of the APP's as a legal instrument. Understanding the physical impacts of hydrographic networks is of paramount importance, given that despite this being a natural phenomenon, inadequate human interventions unbalance the process of withdrawing, transporting and depositing solids in river channels and can affect hydrological dynamics, quality and quantity of available water, causing negative environmental impacts, in addition to causing social, economic and cultural damage to populations. The methodology used classifies the morphogenetic potentials of the entire drainage area and qualifies segments of the hydrographic network according to the levels of conservation, and several of the analyzed parameters are directly related to the evolution of the relief and, consequently, the physical protection of the d 'courses. Water After acquiring an environmental diagnosis of the study area, it was possible to spatially identify five levels of susceptibility to morphogenesis and, therefore, the preferred zones for the supply of sediments to the hydrographic networks, which, added to the result of the application of the Protocolos de Avaliação Rápida de Rios (PAR) made it possible to integrate the environmental conditions of the stretches of the hydrographic network

with the shapes, processes, materials and dynamics of the upstream and downstream areas.

Keywords: Permanent Preservation Areas. Systemic Analysis. Morphogenesis. Solids in the River Channel.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama triangular indicando os tipos de movimento de massa	28
Figura 2 - Padrão fluvial retilíneo.....	31
Figura 3 - Padrão fluvial meandrante	33
Figura 4 - Padrão fluvial entrelaçado	36
Figura 5 - Padrão fluvial anastomosado.....	38
Figura 6 - Bacia Hidrográfica	40
Figura 7 - Zonas de processos dominantes na bacia hidrográfica	41
Figura 8 - Sistema de uma vertente convexo-retilínea-côncava.....	43
Figura 9 - Combinação dos perfis verticais e contornos horizontais das vertentes...44	
Figura 10 - Fluxograma dos processos de inserção dos sólidos nos canais fluviais.....	49
Figura 11 - Dimensão das áreas de preservação permanente de curso d'água.....	55
Figura 12 - Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Marinheiro.....	59
Figura 13 - Mapa de Uso da Terra da Bacia Hidrográfica do Córrego Marinheiro...61	
Figura 14 - Confluência do Córrego Marinheiro e Ribeirão Jequitibá.....	62
Figura 15 - Faveiro de Wilson - <i>Dimorphandra Wilsonii</i>	63
Figura 16 - Balanço Hídrico Climatológico do município de Sete Lagoas - MG	64
Figura 17 - Mapa Geológico da Bacia Hidrográfica do Córrego Marinheiro.....	67
Figura 18 - Mapa Pedológico da Bacia Hidrográfica do Córrego Marinheiro.....	68
Figura 19 - Mapa Hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Córrego Marinheiro.....	70
Figura 20 - Mapa de Declividade da Bacia Hidrográfica do Córrego Marinheiro.....	71
Figura 21 - Mapa Geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Córrego Marinheiro....	72
Figura 22 - Índices pluviométricos de Sete Lagoas 01/2021.....	88
Figura 23 - Ponto 1 de aplicação do PAR.....	90
Figura 24 - Processos erosivos nas vertentes (período de estiagem).....	91
Figuras 25 - Escavação fluvial das margens do córrego.....	92
Figuras 26 - Sedimentos coletados no ponto 1 durante a estação seca.....	93
Figuras 27 - Sedimentos coletados no ponto 1 durante a estação chuvosa.....	93
Figuras 28 - Turbidez das águas fluviais no ponto 1 durante estação seca.....	94
Figuras 29 - Turbidez das águas fluviais no ponto 1 durante estação chuvosa.....	94
Figura 30 - Ponto 2 de aplicação do PAR.....	95

Figuras 31 - Turbidez das águas fluviais no ponto 2 durante estação seca.....	96
Figuras 32 - Turbidez das águas fluviais no ponto 2 durante estação chuvosa.....	96
Figuras 33 - Sedimentos coletados no ponto 2 durante a estação seca.....	97
Figuras 34 - Sedimentos coletados no ponto 2 durante a estação chuvosa.....	97
Figura 35 - Ponto 3 de aplicação do PAR.....	98
Figura 36 - Escavação fluvial a jusante do barramento.....	99
Figuras 37 - Turbidez das águas fluviais no ponto 3 durante estação seca.....	99
Figuras 38 - Turbidez das águas fluviais no ponto 3 durante estação chuvosa.....	100
Figuras 39 - Sedimentos coletados no ponto 3 durante a estação seca.....	100
Figuras 40 - Sedimentos coletados no ponto 3 durante a estação chuvosa.....	101
Figura 41 - Ponto 4 de aplicação do PAR.....	101
Figuras 42 - Turbidez das águas fluviais no ponto 4 durante estação seca.....	102
Figuras 43 - Turbidez das águas fluviais no ponto 4 durante estação chuvosa.....	103
Figuras 44 - Sedimentos coletados no ponto 4 durante a estação seca.....	103
Figuras 45 - Sedimentos coletados no ponto 4 durante a estação chuvosa.....	104
Figura 46 - Mapa do Potencial Morfogenético da Bacia Hidrográfica do Córrego Marinheiro.....	105
Figura 47 - Proporções dos Níveis de Potencial Morfogenético da Bacia Hidrográfica do Córrego Marinheiro.....	106
Figura 48 - Mapa das APP's da Bacia Hidrográfica do Córrego Marinheiro.....	100

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Unidades litoestratigráficas da área de estudo.....	65
Tabela 2 - Coluna estratigráfica da geologia da área de estudo.....	66
Tabela 3 - Enquadramento Ambiental das Morfologias.....	73
Tabela 4 - Variáveis utilizadas na álgebra de mapas e suas respectivas notas.....	78
Tabela 5 - Classes de declividade e suas respectivas notas.....	80
Tabela 6 - Classes de hipsométricas e suas respectivas notas.....	81
Tabela 7 - Classes morfológicas e suas respectivas notas.....	82
Tabela 8 - Classes litológicas e suas respectivas notas.....	84
Tabela 9 - Classes pedológicas e suas respectivas notas.....	84
Tabela 10 - Classes dos usos da Terra e suas respectivas notas.....	85
Tabela 11 - Pontos de aplicação do PAR e suas respectivas notas.....	89

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. REFERENCIAIS TEÓRICOS.....	19
2.1. Morfogênese.....	19
2.1.1. <i>Intemperismo.....</i>	<i>20</i>
2.1.2. <i>Erosão</i>	<i>25</i>
2.1.3. <i>Movimentos de massa ou gravitacionais.....</i>	<i>27</i>
2.1.4 - <i>Denudação.....</i>	<i>28</i>
2.2 - Geomorfologia fluvial.....	29
2.2.1 - <i>Padrões Fluviais.....</i>	<i>31</i>
2.3 - Bacia Hidrográfica: fluxos e dinâmicas das águas e sedimentos em superfície.....	39
2.4 - Sólidos no Canal Fluvial	47
2.5 - Área de Preservação Permanente - APP.....	50
2.5.1 - <i>Contextualização Histórica das APP's na legislação brasileira.....</i>	<i>50</i>
2.5.2 <i>Áreas de Preservação Permanente na lei 12.651/2012</i>	<i>53</i>
2.5.3 - <i>Diretrizes Municipais de Gestão da Área de Estudo Segundo a Lei Complementar Nº 227 de Sete Lagoas</i>	<i>56</i>
3 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	59
4 - PROCEDIMENTO METODOLÓGICO DA PESQUISA.....	74
4.1 - Levantamento Bibliográfico, Aquisição das Bases Cartográficas e Elaboração dos Mapas Preliminares.....	74
4.2 - Pré - campo e Campanhas de Campo.....	75
4.3 - Elaboração da Compartimentação e Espacialização dos potenciais morfogenéticos.....	76
4.4 - Análise integrada dos resultados.....	85
5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES	87
5.1 - Protocolo de Avaliação Rápida de Rios (PAR).....	87
5.2 - Morfogênese da bacia hidrográfica do Córrego Marinheiro.....	104
5.3 - Análise integrada dos resultados.....	109
6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	114
7 - REFERENCIAIS TEÓRICOS.....	118
8 - ANEXOS.....	128

1. INTRODUÇÃO

Em grande parte do país, as atenções voltadas para os recursos hídricos, enquanto fonte limitada e essencial à sobrevivência e ao desenvolvimento da sociedade, tem sido pautada por conflitos quantitativos e qualitativos, o que evidencia a fragilidade na gestão das águas, sendo necessário destacar que esses conflitos fazem parte do processo de formação da humanidade, com tendências contínuas de crescimento (BRANCO, 2006).

No Brasil e mais especificamente em Minas Gerais, os conflitos foram intensificados por desastres ambientais provocados pela mineração e rompimento de barragens de rejeitos no quadrilátero ferrífero, que atingiram diretamente a rede hidrográfica de importantes fontes de abastecimento humano e algumas atividades econômicas (REIS, 2020). Esses desastres provocaram, sobretudo, intenso processo de aterramento e assoreamento de canais de pequeno, médio e grande porte. No entanto, outros usos, atividades e fenômenos antrópicos também afetam os recursos hídricos através do carreamento de sedimentos, porém de forma mais lenta e gradual, se comparadas à mineração e ao rompimentos de barragens.

Para a efetiva administração dos recursos hídricos, deve-se seguir uma análise integrada/sistêmica dos múltiplos elementos e dinâmicas que o compõem, uma vez que estes podem afetar a qualidade e quantidade de águas disponíveis (COSTA *et al*, 2015). Neste sentido, além dos aspectos físicos, biológicos, culturais, sociais e econômicos, devemos considerar também as perspectivas legais, dado que as legislações correspondem às normas e diretrizes para a administração do meio. É nesta concepção que se insere a análise da relevância das áreas de preservação permanente de curso d'água na proteção física de redes hidrográficas, tomando como estudo de caso as APP's de curso d'água da bacia hidrográfica do Córrego Marinheiro.

Segundo o novo código florestal, Lei 12.651 do ano de 2012, as Áreas de Preservação Permanentes são áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa que se inserem ao longo das margens dos cursos d'água, entorno de nascentes, corpos d'água e reservatórios, ao longo de encostas declivosas,

restingas, manguezais, bordas de tabuleiros ou chapadas e nos topos de algumas elevações. Ainda segundo a mesma legislação essas áreas têm como função assegurar o bem estar das populações humanas, bem como preservar o meio ambiente e conseqüentemente os recursos hídricos.

Ao refletir sobre a relevância das APP's de curso d'água na proteção física de redes hidrográficas, torna-se evidente a importância das demais classes de áreas de preservação para a mesma finalidade, no entanto, é necessário considerar as especificidades e dinâmicas de cada ambiente em que se inserem. Neste sentido, para os objetivos, recursos e prazos envolvidos nesse processo de pesquisa optou-se pelo foco em uma única frente de análise, porém de forma sistêmica.

A bacia hidrográfica do Córrego Marinheiro está inserida na região periurbana do município de Sete Lagoas (MG), área que vem sofrendo com intensas alterações antrópicas de uso e ocupação da terra, além de grandes pressões do crescimento populacional da região. Segundo Santos (2016), no município de Sete Lagoas a expansão urbana ocorre principalmente no sentido centro para nordeste, sudoeste e sudeste, sendo que a sudeste situa-se a área de estudo, que apresenta uma importante área de recarga e abastecimento. A importância dessa região é tamanha que foi inserida recentemente no plano diretor do município de Sete Lagoas como uma APA - Área de Proteção Ambiental do Córrego Marinheiro - pela Lei complementar Nº 227, de 04 de outubro de 2019.

O município de Sete Lagoas apresentou nos últimos anos um significativo crescimento populacional e urbano, estimada em 239.639 pessoas no ano de 2019, sendo que deste total, 208.956 cidadãos residem no perímetro urbano (IBGE, 2020). Além do processo de impermeabilização do solo proveniente do aumento populacional, na bacia hidrográfica do Córrego Marinheiro é necessário destacar também a agricultura e pecuária, que por sua vez, frequentemente apresentam manejos incompatíveis com a conservação dos recursos hídricos.

Afluente do Ribeirão Jequitibá, que por sua vez é tributário do Rio das Velhas, o Córrego Marinheiro é de grande relevância no que tange a qualidade e quantidade de água em uma região predominantemente cárstica, em que diversos cursos d'água correm em subsuperfície. A rede hidrográfica em questão é fonte de abastecimento para diversas propriedades e também contribui no processo de

depuração do Jequitibá que conforme constatado em campo é bastante poluído e degradado.

Portanto, a realização desta pesquisa se faz relevante para complementar outros estudos e avaliar a relevância das APP's frente as dinâmicas dos sistemas fluviais e dos processos morfogenéticos na proteção física de redes hidrográficas. Desse modo possibilitará compreender os potenciais, limitações e principais desafios da legislação na gestão dos recursos hídricos, frente a processos naturais ou não de evolução da paisagem.

Consoante, algumas inquietações que instigam essa dissertação são: 1 - A legislação atual é relevante no processo de proteção física dos cursos d'água e redes hidrográficas? 2 - A legislação considera a diversidade da área de estudo e do território brasileiro? 3 - Como tratar os casos em que a deposição de sedimentos no leito dos cursos d'água for um fenômeno natural? 4 - As determinações de aplicação das APP's estão sendo devidamente respeitadas pela comunidade local? 5 -O processo de fiscalização, controle e conscientização são devidamente estruturados pelo Estado? 6 - Considerando as dinâmicas ambientais, quais as reais necessidades no meio ambiente para a proteção física dos recursos hídricos e das redes hidrográficas?

Neste contexto, a presente pesquisa tem como objetivo principal analisar a relevância das áreas de preservação permanente (APP's) na proteção física de redes hidrográficas, integrando análises da legislação correlata sobrepostas a diagnósticos ambientais pré existentes. Assim, através do estudo de caso da bacia hidrográfica do Córrego Marinheiro será possível refletir sobre a aplicabilidade, efetividade e principais adequações necessárias ao novo código florestal, Lei 12.651/12.

Dentre os objetivos específicos desta pesquisa estão: (I) Analisar as APP's do córrego Marinheiro, verificando se os detentores das terras seguem o código florestal; (II) Avaliação qualitativa dos sistemas fluviais; (III) Análise do potencial morfogenético da bacia hidrográfica frente aos agentes exógenos.

Ante ao exposto, o presente estudo tem como base metodológica principal a proposta da Ecodinâmica de Tricart (1977) que destaca a abordagem sistêmica como melhor instrumento para a análise ambiental, uma vez que permite estudar as

relações mútuas entre os diversos componentes que integram a dinâmica do meio. Além disso, Tricart também destaca em sua metodologia a importância da morfogênese como o componente mais importante da dinâmica da superfície terrestre, visto que produz diversos níveis de instabilidade que afetará todo o arranjo de relações junto aos demais elementos do meio ambiente nas mais diversas escalas de análise.

2. REFERENCIAIS TEÓRICOS

2.1. Morfogênese

A evolução do modelado terrestre é um movimento natural ou não, resultante da interação de processos endógenos e exógenos que atuam conjuntamente. Da sobreposição entre formas (já existentes), agentes, processos, dinâmicas e materiais é que evoluem distintos compartimentos geomorfológicos. Neste sentido, segundo Magalhães Júnior (2011), no processo de esculturação do relevo, os principais processos morfogenéticos exógenos são o intemperismo, erosão, movimentos de massa e denudação. Frente ao exposto, cabe ressaltar que os mesmos ocorrem de forma simultânea e muitas vezes são interdependentes.

Nesses densos estágios de formação e transformação do modelado, estão os processos de alteração e movimentação dos materiais que compõem as formas da superfície terrestre. Sendo os movimentos de retirada e deposição os eixos centrais desta pesquisa. Neste sentido, os fragmentos de rochas, solos ou sedimentos que são subtraídos de alguma porção, são depositados em outras partes do terreno, acarretando assim em novas morfologias e impactos em ambas as localidades.

Ross (2005), destaca a importância da compreensão do relevo juntamente com processos atuais e pretéritos, responsáveis por tais modelados. Assim as morfologias podem ser usadas como parâmetro em diagnósticos ambientais, uma vez que são sensíveis às mais diversas perturbações do meio em busca de equilíbrio.

A morfogênese também interfere diretamente na natureza e granulometria dos materiais que chegam nas áreas de sedimentação. A semelhança dos materiais depositados com o material de origem dependem de processos geomorfológicos e do meio litológico onde eles ocorrem (PENTEADO, 1983).

2.1.1. Intemperismo

De acordo com Penteado (1983) o intemperismo pode ser definido como colapso da rocha, decomposição da rocha, deterioração da rocha, ou segundo a mesma autora citando Reiche (1945) entendido como “uma resposta dos materiais que estavam em equilíbrio no interior da litosfera as solicitações da atmosfera, hidrosfera e ainda da biosfera”. Os agentes dessa reação podem ser classificados em duas categorias principais, sendo elas, materiais geológicos e energia. Isso ocorre devido às reações do intemperismo serem espontâneas e apresentarem alterações em direção à medida que há um decréscimo de energia durante a reação.

Huggett (2011) aponta que o intemperismo envolve a decadência das rochas por fatores e processos biológicos, químicos e físicos com pouco ou nenhum transporte. Estes processos podem alterar a cor, textura, estrutura, mineralogia, resistência e outras características das rochas. Deste modo, cabe ressaltar ainda que os produtos do intemperismo, manto de intemperismo, regolito ou solo, estão sujeitos a outros processos, como a erosão, movimentos de massa e denudação.

Os produtos do intemperismo são estruturados verticalmente, tendo como sequência a rocha sã, na base, sobre a qual formam-se o saprolito e o solum, variando o grau de alteração de acordo com as condições de desgaste. Os materiais do perfil vão se tornando cada vez mais diferenciados do material de origem em termos de composição, estrutura e texturas, quanto mais afastados se encontram da rocha (TEIXEIRA *et al*, 2001).

Os fatores que controlam a intensidade e tipo de intemperismo depende de numerosos elementos, tais como, tamanho das partículas da rocha, permeabilidade do manto rochoso, posição do nível hidrostático, clima, relevo, composição e quantidade das águas subterrâneas, oxigênio e outros gases no sistema, fauna e flora, tipo de rocha, superfície exposta da rocha, solubilidade relativa das rochas originais e dos materiais intemperizados e, finalmente, o tempo de exposição dos materiais aos agentes intempéricos. Devido aos fatores mencionados a forma de atuação do intemperismo vai variar de acordo com o ambiente que se insere (PENTEADO, 1983).

De acordo com Teixeira *et al* (2001), em função dos mecanismos de atuação, o intemperismo é classificado em físico e químico. Quando ocorre a participação de organismos vivos ou de matéria orgânica, o intemperismo é classificado como físico-biológico ou químico-biológico. Ainda segundo o mesmo, todo esse processo intempérico atua através de mecanismos modificadores das propriedades físicas dos minerais e rochas (morfologia, resistência, textura etc.), e de suas características químicas (composição química e estrutura cristalina).

Intemperismo físico: O intemperismo físico, mecânico ou meteorização da rocha corresponde ao processo de desagregação ou fragmentação da rocha *in situ*, bem como a desorganização da estrutura dos constituintes minerais, sem maiores mudanças químicas. A ação do intemperismo físico torna a rocha em um material descontínuo e friável, resultando no aumento da superfície específica do material, tornando mais susceptível ao intemperismo químico (PENTEADO, 1983).

Os processos envolvendo o intemperismo físico são provocados de acordo com agentes diferentes, e os principais são:

- **Termoclastia:** Através de variações de temperaturas (bruscas ou sensíveis), ao longo dos dias, meses, estações do ano ou anuais, podem provocar processos de expansão e contração térmica das rochas levando a fragmentação e abertura de estruturas (MAGALHÃES JÚNIOR, 2009). Consoante, Teixeira *et al* (2001) salienta os efeitos da variação de temperatura sobre minerais de diferentes coeficientes de expansão, provocando o deslocamento relativo entre os cristais, rompendo a coesão original entre os grãos (processo denominado de desagregação granular, comumente identificado em rochas granitóides). Outro fator que pode interferir nesse processo é a mudança cíclica de umidade que em associação a variação de temperatura, provoca o enfraquecimento e fragmentação do material rochoso.
- **Ação biológica:** Processo de fragmentação das rochas pela ação de organismos diversos, tais como, bactérias e raízes de plantas, esse procedimento ocorre geralmente por meio das zonas de fraqueza dos materiais rochosos (LEPSCH, 2011).

- Alívio de carga: A partir da remoção dos materiais assentados sobre as rochas, tais como, manto de intemperismo, depósitos etc, as partes mais profundas dos corpos rochosos ascendem a níveis crustais mais superficiais. Com o alívio de pressão, tem-se a expansão do material rochoso, causando fraturas, nomeadas de juntas de alívio (TEIXEIRA *et al*, 2001).
- Processos de pressões e descompressões tectônicas, esse fenômeno vai acarretar na concentração e dilatação dos materiais (MAGALHÃES JÚNIOR, 2009).
- Crioclastia: O processo corresponde a quebra das rochas pela ação do gelo. O congelamento provoca um aumento médio de 10% do volume da água. Em superfície a água congela a 0°C e expande livremente, em fendas ou diáclases profundas o congelamento ocorre de fora para dentro, gerando o confinamento da parte que estiver abaixo, sendo necessário destacar que nesses casos a pressão confinante cresce e o ponto de congelamento abaixa até o ponto crítico de -22°C. Nessa temperatura a água exerce uma pressão máxima de 2.100 Kg por centímetro quadrado, sendo considerado um dos processos mais eficazes para fraturar e aumentar a rede de fraturas já existentes (PENTEADO, 1983).
- Processos resultantes do intemperismo químico que por sua vez provocam a expansão e dilatação das rochas (hidratação e hidrólise), gerando minerais menos densos que os primários (MAGALHÃES JÚNIOR, 2009).
- Haloclastia: O processo condiz com a degradação do material rochoso pela cristalização e crescimento de sais. Com o crescimento desses minerais tem-se a expansão das fissuras e a fragmentação das rochas. Além da própria pressão pela formação dos cristais, os sais exercem pressões com processos de expansão e contração através da variação de temperatura ou absorção de umidade (TEIXEIRA *et al*, 2001).

Intemperismo químico: Para Magalhães Júnior (2009) e Crepani et al (2001) o intemperismo químico envolve processos que variam de acordo com a ação das águas no sistema, em outras palavras é resultante da reação das águas com os minerais e rochas. Teixeira *et al* (2001), salienta ainda que estas reações estão diretamente relacionadas com as oscilações e condições ambientais e sujeitas às

leis do equilíbrio químico. As reações do intemperismo químico podem ser descritas pela seguinte equação genérica: Mineral I + solução de alteração → Mineral II + solução de lixiviação.

Frente ao exposto, Penteado (1983) traz a seguinte reflexão, se o intemperismo consiste nas reações químicas de rochas e minerais com a água e o ar, poderia esse processo incluir reações a dezenas ou centenas de metros causadas por águas subterrâneas? Poderíamos incluir nesse processo as alterações provocadas pela água do mar em grandes profundidades? Reflexões importantes, tendo em vista que os processos são similares e tem relação direta com os processos de superfície.

Dentre os principais processos do intemperismo químico estão:

- **Hidratação:** O processo de hidratação ocorre através da atração entre os dipolos das moléculas de água e as cargas elétricas não neutralizadas da superfície dos grãos. Nesse processo, ocorre a absorção de água pela estrutura molecular dos minerais, modificando e formando um novo mineral (TEIXEIRA *et al*, 2001).
- **Dissolução:** A dissolução corresponde ao processo de reações químicas entre rochas, solos e sedimentos em contato com a água. Segundo Lepsch (2011), apesar dos diferentes níveis de resistência dos múltiplos minerais, esse fenômeno consiste na formação de uma solução aquosa a partir do desarranjo dos íons antes organizados em cristais sólidos. Ainda segundo o mesmo autor, a maior parte reage com íons H⁺ e OH⁻ inseridos na água ou com o oxigênio do ar, contribuindo para a formação de novos minerais e substâncias solúveis. Vale ressaltar também que a dissolução pela ação da água é potencializada pelo gás carbônico do ar nela dissolvido.
- **Hidrólise:** No processo de hidrólise ocorrem reações entre os íons H e OH da água e os elementos ou íons das rochas ou minerais (com formação de argilas como resíduos e liberação de ácido silícico em solução). Dentre os fatores que influenciam no processo de hidrólise estão, a natureza da água, efeitos do pH sobre as solubilidades dos Al₂O₃ hidratados e a ação das plantas (PENTEADO, 1983).

- Oxidação: Penteado (1983) cita que a oxidação corresponde a decomposição envolvendo perdas de elétrons. O processo envolve a oxidação dos minerais ao se combinar com o oxigênio. Para Magalhães Júnior (2009), a oxidação envolve a passagem do Fe³⁺ (ferro solúvel - estado reduzido) para Fe²⁺ (ferro férrico estável - estado oxidado) por meio da presença de oxigênio. Ainda segundo Magalhães o alumínio também sofre oxidação, através do oxigênio presente no ar dos solos e rochas, assim como por meio de bactérias oxidantes.
- Quelação: A quelação consiste na retenção de íon usualmente metálico, de um composto químico e no interior de uma estrutura em forma de anel, com propriedade quelante (ou complexante). Quando retido o íon fica impedido de se ligar, ou combinar, com outras substâncias em solução (PENTEADO, 1983).
- Carbonatação: Através do processo de absorção de dióxido carbônico do ar e do solo as águas se acidificam, formando ácido carbônico e propiciando a ação meteórica das águas. Ao agir sobre o carbonato de cálcio (nos calcários, por exemplo), forma-se o íon calcico (Ca⁺⁺) e o íon bicarbonato de cálcio solúvel. A dissolução do CaCO₃ pode gerar também resíduos insolúveis como SiO₂, AlO₃ e Fe₂O₃.

O processo de acidificação das águas ocorre desde a formação das águas pluviais, incidindo sobre o solo com pH ligeiramente ácido. Em solo, esse processo se intensifica com a absorção de CO₂ proveniente da matéria orgânica em decomposição, a respiração de microorganismos durante o processo de decomposição da matéria orgânica e processos de respiração de raízes.

Além da acidez das águas outros fatores que influenciam no processo de carbonatação são as baixas temperaturas e elevadas altitudes, tendo em vista que potencializam a absorção de CO₂ pelas águas ácidas (temperatura e altitude interferem na solubilidade do CO₂). Outros fatores favoráveis ao processo de carbonatação são: pressão das águas em subsuperfície, visto que a pressão aumenta a tensão do CO₂ propiciando uma maior dissolução

dos carbonatos, e a maior permeabilidade das rochas, que favorece a percolação das águas (drenagem criptorréica) (MAGALHÃES JÚNIOR, 2009).

2.1.2. Erosão

O termo erosão, do latim *erodere*, geralmente é usado para indicar processos exógenos de desgaste do relevo com retirada e transporte de grãos minerais (BIGARELLA, 2003). Nessa definição ampla, a erosão inclui retirar materiais das porções mais elevadas, transportando-os para outras localidades e depositando em porções mais rebaixadas (PALMIERI; GOUDIE, 2004). Consoante, Magalhães Júnior (2009) acrescenta que a erosão é o processo de retirada, transporte e deposição de fragmentos sólidos de solos e rochas. É resultante da relação entre força trativa e resistência do material, isto é, o balanço entre força aplicada e resistência oferecida.

Os processos erosivos são realizados por agentes que extraem sua energia da radiação solar e são conduzidos pela força da gravidade. Os principais agentes erosivos são: a água que engloba a ação das chuvas (erosão pluvial), ação dos corpos hídricos lóticos e lênticos (erosão fluvial), erosão pelas águas subterrâneas, ação provocada pelo gelo (erosão glacial), erosão provocada pelo mar (erosão costeira), outros agentes são: o vento (erosão eólica), os organismos (plantas e animais) e, por fim, o ser humano (PALMIERI; GOUDIE, 2004; MAGALHÃES JÚNIOR, 2009; PFALTZGRAFF *et al* - CPRM, 2008; LEPSCH, 2011; BIGARELLA, 2003).

A ação dos processos erosivos pode ser definida como normal ou acelerada, ou seja, o processo está em constante atuação, o que varia é a escala temporal de ocorrência do fenômeno. No entanto, cabe destacar também que diversos fatores condicionam esse processo, tais como, características dos materiais (solo e rocha), localização no espaço geográfico, categoria e intensidade do processo erosivo, uso e ocupação da terra, bem como o tipo de manejo, nível de interferência antrópica, dentre outros.

- Erosão pluvial: Esse fenômeno corresponde a retirada de partículas de solos, saprolitos ou rochas por meio da ação das águas pluviais que transportam os

materiais para as porções mais rebaixadas do relevo (PFALTZGRAFF *et al* - CPRM; SILVA, 2008). O processo tem início com o impacto das gotas de chuva sobre a superfície (efeito splash), que podem variar de intensidade de acordo com o formato das chuvas e das gotas de água que incidem sobre o terreno, assim como esses efeitos podem ser potencializados ou minimizados também de acordo com o tipo de uso e ocupação da terra (BIGARELLA, 2003). Esse processo erosivo integra também o escoamento pluvial em superfície, que engloba o transporte de sedimentos pelos fluxos de água (BIGARELLA, 2003; LEPSCH, 2011).

- Erosão fluvial: o processo é causado por cursos d'água quando os mesmos estão erodindo verticalmente, encaixando seu leito ou lateralmente escavando as margens do canal. A erosão causada pelos canais fluviais pode ocorrer por meio de dois processos, o turbilhonamento/choque dos fluxos sob determinados pontos do leito ou pelo próprio arraste de sedimentos, provocando corrosão da superfície do canal (MAGALHÃES JÚNIOR, 2009).
- Erosão costeira: Esse tipo de erosão ocorre devido a ação das ondas, correntes marinhas e marés em superfícies de contato com os mares e oceanos (PFALTZGRAFF *et al* - CPRM, 2008).
- Erosão hídrica subsuperficial: o processo provoca a abertura de sulcos e túneis subterrâneos (pipes) gerado pela concentração das águas. O processo pode acarretar em abatimentos (MAGALHÃES JÚNIOR, 2009).
- Erosão eólica: A ação dos ventos atua tanto no processo de alteração/fragmentação dos solos e rochas como também na esculturação do relevo, nas etapas de retirada e deposição de material particulado. Segundo Nascimento (s/d), a erosão eólica pode ocorrer por meio da deflação, que corresponde na remoção de material particulado da superfície pela força das correntes de vento, e a corrasão, que condiz com a retirada de material particulado pelo choque de partículas transportadas pelo vento.

Em conformidade ao exposto, cabe apontar que a erosão apresenta processos específicos, tais como, ravinamento, voçorocamento, erosão laminar, erosão concentrada, dentre outros, que por sua vez ocorrem devido a maior intensidade de algum agente exógenos. Os processos erosivos apresentam

também morfologias específicas como, voçorocas, ravinas e sulcos, assim como feições provenientes da interação dos processos erosivos junto a outros processos de evolução do modelado terrestre, como por exemplo, colina, morro, chapada, serra, pão-de-açúcar, cânion, vales, dolinas etc.

2.1.3. Movimentos de massa ou gravitacionais

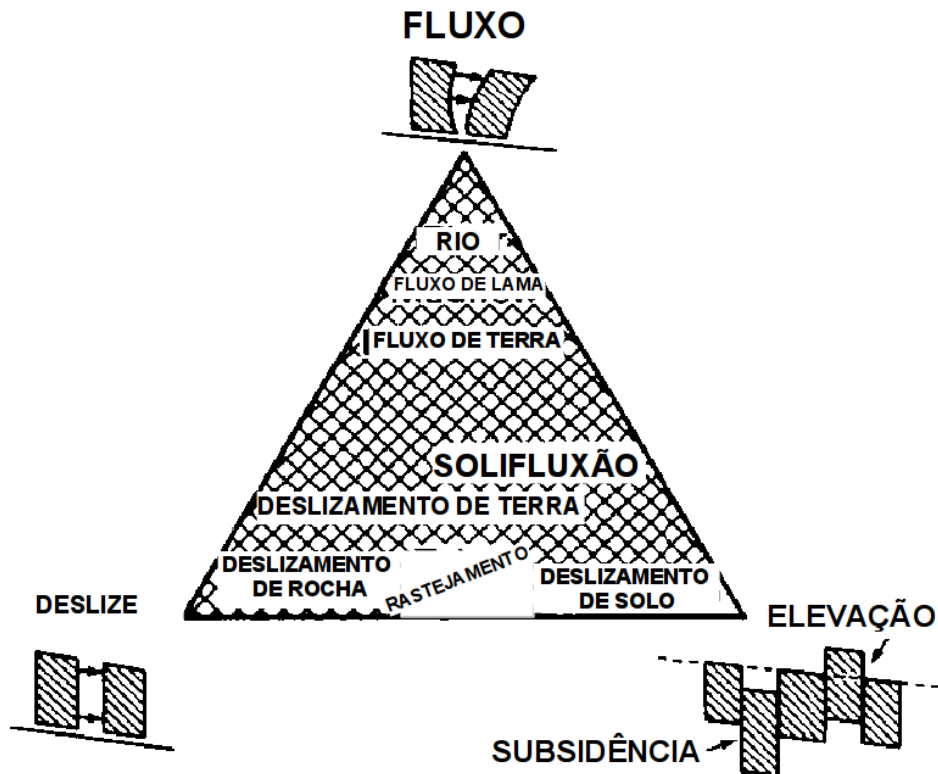
Os movimentos de massa correspondem a remoção e transporte de materiais (rocha, sedimento ou solo) vertente abaixo, sob influência da gravidade (IBGE, 2009; BIGARELLA, 2003; CHRISTOFOLETTI, 1980). Penteadó (1983) destaca que esse fenômeno pode ser estimulado por fatores biológicos, processos físicos, condições climáticas ou tectônicas, mas a gravidade é o elemento principal, ou seja, não envolve transporte pelo vento, água, gelo, entre outros. Ainda de acordo com Penteadó, a gravidade atua paralela a vertente e é proporcional ao seno do ângulo de inclinação.

Assim como outros processos morfogenéticos, os movimentos de massa tem sua ocorrência e amplitude delimitadas por características ambientais (declividade, tipo de vegetação, estrutura geológica, tipo de solo, orientação e morfologia das vertentes, intensidade e distribuição das chuvas etc.), níveis de intervenção antrópica, além da relação entre força aplicada e resistência dos materiais.

Em sua obra, Derbyshire *et al* (1980), apresenta uma possibilidade de classificação (figura 1) em três tipos principais de movimento, sendo eles, flow (fluxo), slide (deslizamento) ou heave/subsidence (soltar/subsidência). No fluxo, o movimento varia com a profundidade, no deslizamento, não há variação na movimentação com a profundidade, e na queda ocorre o deslocamento vertical para baixo.

A vantagem desse modo de classificação triangular com os três ápices, está em enquadrar vários tipos de movimentos de massa de acordo com as proporções relativas de fluxo, escorregamento e queda envolvidos no fenômeno.

Figura 1 - Diagrama triangular indicando os tipos de movimento de massa.



Fonte: Traduzido de DERBYSHIRE *et al* (1980).

Os movimentos de massa podem ser classificados em dois grandes grupos: os rápidos e os lentos. Entre os movimentos de massa rápidos estão, desmoronamentos, tombamentos, escorregamentos, deslizamentos e corridas (IBGE, 2009). Os movimentos de massa lentos são a solifluxão e o rastejamento ou creep (BIGARELLA, 2003). Nessa mesma lógica de classificação Penteadó (1986), enquadra em movimentos de massa rápidos: Fluxo de terra e lama ou desmoronamento (*eboulement*), Deslizamento de lama (*glissement*), avalanche e tálus, na categoria de movimentos de massa lentos estão: solifluxão e rastejamento ou creep.

2.1.4 - Denudação

Huggett (2011), concebe que o termo denudação, proveniente do latim *denudare*, que significa “desnudar”, corresponde ao desgaste da superfície da Terra por meio da ação conjunta dos processos de intemperismo e erosão. Neste sentido,

para Crepani *et al* (2001) e Magalhães Júnior (2011) o processo de denudação condiz com a perda de massa total de um sistema por processos mecânicos e geoquímicos, acarretando assim no arrasamento/modificação do modelado terrestre.

Por englobar processos físicos e químicos, é necessário destacar que a denudação total de um sistema corresponde a soma de todos os processos de retirada, ou seja, toda a remoção físico-químico. A denudação inclui ainda a perda de conteúdo tanto de porções superficiais quanto de subsuperfície (LEEDER, 1991 *apud* BARRETO, 2012).

Ao considerarmos o processo de denudação, vale colocar que assim como os demais processos morfogenéticos, este fenômeno ocorre de forma desigual nos diversos substratos do planeta, mas devemos considerar a totalidade e as ligações entre as partes. Em outras palavras, devemos conceber as subáreas e as ligações entre os múltiplos sistemas, por exemplo, ao analisar uma bacia hidrográfica, devemos considerar as sub-bacias que a compõem; Ao considerar um continente, deve-se levar em consideração as bacia hidrográficas ou hidrogeológicas que o integram; Analisando uma vertente, deve-se considerar a relação que esta tem com outras vertentes, assim por diante.

Posto isso, Summerfield (1991) *apud* Barreto (2012) , afirma que a intensidade dos processos denudacionais (mecânicos e geoquímicos) relacionam-se com os seguintes fatores, clima, litoestrutura e tectonismo.

2.2 - Geomorfologia fluvial.

Como uma ciência que se dedica a analisar os agentes, processos, materiais, dinâmicas e formas do modelado terrestre, a geomorfologia procura assim pesquisar e entender as características e a dinâmica do relevo a partir de aspectos endógenos e exógenos como construtores, transformadores e destruidores das formas de relevo. Neste contexto, a geomorfologia fluvial estuda os cursos d'água lóticos e lênticos em relação a morfologia, padrões e regimes de fluxo, dinâmica hidrossedimentar e erosiva, assim como os ambientes fluviais (MAGALHÃES JÚNIOR, 2009).

De acordo com Teixeira *et al* (2001) de modo geral os rios correspondem a cursos naturais de água doce (ou seja, inseridos nas porções emersas de terra como continentes e ilhas) de fluxo variado (perene, intermitente ou efêmero) que segue para o oceano, lago ou outro curso d'água. Em relação a caracterização de cursos d'água, Silva e Wilson Júnior (2005) *apud* Magalhães Júnior (2009) pondera que cursos d'água equivalem a:

Sistemas dinâmicos formados a partir de duas fases: uma fase líquida representada por um escoamento básico com superfície livre, turbulento e regido pelas leis da hidráulica e da mecânica dos fluidos, e uma fase sólida determinada pelo fluxo de partículas sólidas (sedimentos). Estas duas fases resultam em um processo de retroalimentação em que o escoamento modifica a geometria do canal e as características dos sedimentos transportados, e a nova geometria modifica as características do escoamento e dos sedimentos da calha.

Esses sistemas podem ser enquadrados segundo a geometria, o padrão fluvial e a dinâmica sedimentar. Os cursos d'água ou trechos do mesmo podem ser classificados em quatro categorias, sendo elas, retilíneo, meandrante, entrelaçado e anastomosado. Neste sentido, cabe destacar também que além dos padrões fluviais mencionados, um canal pode apresentar processos e formas que representam uma condição de transição entre os padrões.

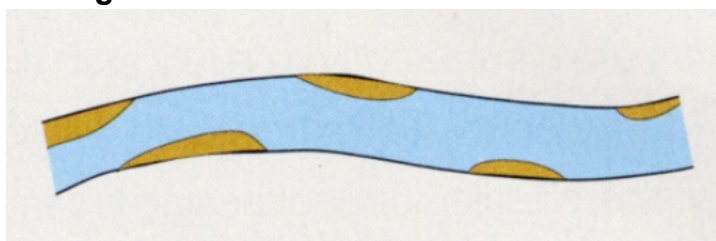
Segundo Teixeira *et al* (2001) esses padrões podem ser caracterizados em função de parâmetros morfométricos do curso d'água em questão, tais como, sinuosidade, grau de entrelaçamento, e relação entre a largura e profundidade.

A sinuosidade é o principal parâmetro e resulta da interação de diversos fatores, como descarga, fluxo hidráulico, gradiente do terreno, natureza e granulometria dos sedimentos transportados no canal e a relação entre o material de fundo do canal e a carga de suspensão. É por meio destas variáveis que o relevo, o clima, a litologia e a estrutura interferem no traçado dos canais da hidrografia (IBGE, 2009).

2.2.1 - Padrões Fluviais

Padrão fluvial Retilíneo: Os canais retilíneos são aqueles que seguem de montante para jusante sem grandes desvios em sua trajetória (Figura 2). Segundo Teixeira *et al* (2001) e Charlton (2008), esse padrão de drenagem está restrito a pequenos segmentos de um canal e distributários deltaicos. Neste sentido, Leopold e Wolman (1957) destacam que pode-se generalizar que a extensão desse tipo de canal será de, no máximo, 10 vezes a medida da largura do referido segmento. Para Christofolletti (1981), canais retos com extensão maior são controlados por diversos fatores e comumente encontrados ao longo de falhas, diáclases ou fraturas, em vertentes declivosas em que os sulcos acompanham exatamente a declividade da superfície, algumas desembocaduras deltaicas e planícies de restingas, devido aos cordões arenosos que conseguem manter longos trechos retilíneos. Outra característica necessária para a existência deste tipo de padrão fluvial é que o mesmo esteja inserido em um contexto rochoso heterogêneo, ou seja, de igual resistência pois caso contrário o curso d'água se desviará da trajetória (LEOPOLD, WOLMAN E MILLER, 1964).

Figura 2 - Padrão fluvial retilíneo.



Fonte: Teixeira *et al* (2001).

Santos (2008) salienta que o padrão deposicional de um curso d'água retilíneo se assemelha ao padrão fluvial meandrante, consistindo em mudança lateral de canal, com acúmulo dos sedimentos em barras de canal proveniente dos processos erosivos das áreas marginais que, por sua vez, ocorrem em profundidades maiores. Christofolletti (1981) destaca que esse processo de entalhamento ou escavação das margens resultando em bancos deposicionais alternados fazem com que o fluxo venha a serpentear. As deposições formam uma

sequência de soleiras e depressões ao longo do canal e tem aproximadamente 5 a 7 vezes a medida da largura do leito (LEOPOLD, WOLMAN E MILLER, 1964). A aparição de soleiras e depressões em padrões fluviais não meandantes se deve a heterogeneidade do material do leito, ou seja, canais que transportam materiais de granulometria semelhante de areia ou silte possuem pequena tendência a formação de soleiras e depressões. Nesses canais a circulação no plano perpendicular faz com que a água tenha rotação em sentidos opostos, convergindo em superfície para a área central do canal. Assim, em canais retos há maior elevação na parte central mostrando perfil convexo, conforme o trecho a seguir:

Um canal reto possui margens retilíneas e a seção transversal é estreita e profunda. Se o canal for simétrico, os perfis transversais serão uniformes. Entretanto, na maior parte dos casos, embora o canal seja considerado como reto, o fluxo ao longo do talvegue não o é. O talvegue, apresenta lineamento sinuoso que serpenteia de uma margem a outra. No perfil transversal desses cursos, observa-se o ponto de maior profundidade (no talvegue) e do lado oposto a existência de parte mais rasa, onde há acumulação detrítica. Em virtude da divagação sinuosa do talvegue, essas saliências (barras, bancos) tende a se alternar de um lado do canal para o outro. Ao longo do perfil longitudinal do leito, há a sucessão de depressões (pools) e de soleiras (riffles). Dessa maneira, verifica-se que o canal reto não implica topografia uniforme do leito nem talvegue em linha reta. (Christofolletti, 1981).

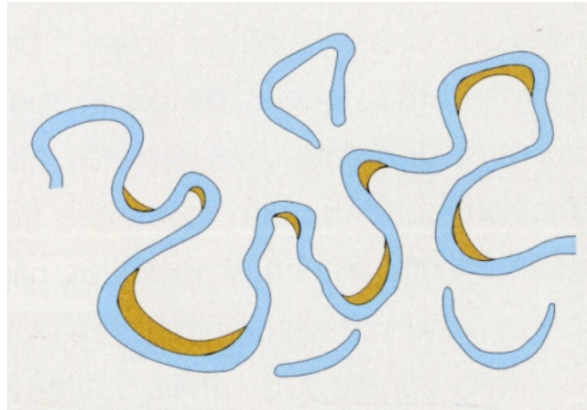
Ao descrever a morfologia em que se inserem os rios retilíneos, Guerra (1993), destaca que em geral os vales são apertados, profundos e estreitos, e as vertentes que compõem o mesmo são bastante declivosas.

Padrão fluvial Meandrante: Segundo Christofolletti (1981), o termo meandro foi originalmente associado ao rio Maiandros, que atualmente tem o nome de rio Buyuk Menderes, na Turquia. Este padrão é utilizado para descrever canais em que os rios apresentam curvas sinuosas, largas, harmoniosas e semelhantes (porém assimétricas) entre si (HOOKE, 2013; CHRISTOFOLETTI, 1981; LEOPOLD, WOLMAN E MILLER, 1964).

Consoante, Hooke (2013) afirma que, esse tipo de rio corresponde a canais individuais estáveis, com elevada sinuosidade, inseridos em ambientes pouco declivosos e margens geralmente coesas e vegetadas (Figura 3). Se inserem também em ambientes com excesso de sedimentos finos (sob cargas arenosas, o

canal alarga-se devido a pouca coesão das margens), estáveis tectonicamente, e geralmente são identificados em áreas úmidas, fator climático que contribui para a perenidade do canal. Todavia, também podem ocorrer em locais semi-áridos e áridos.

Figura 3 - Padrão fluvial meandrante.



Fonte: Teixeira et al (2001).

Penteado (1983) destaca a ocorrência de dois tipos de meandros, o primeiro, meandro de vale, denominado meandro encaixado, dá-se quando o vale meandra junto ao canal, na mesma escala. O segundo tipo, meandro de planície aluvial, livre ou divagante, acontece quando o curso d'água meandra independente a morfologia do vale, assim sendo, o comprimento do rio é maior que o do vale. Deste modo, os meandros de vale estão inseridos em vales meândricos, os quais o lineamento geral define a sinuosidade que caracteriza o padrão fluvial. Já os meandros livres são definidos pelo próprio sistema fluvial, independente da morfologia, direção e grandeza do vale em que o canal se insere (CHRISTOFOLETTI, 1981).

O rio meandrante clássico como aquele que possui uma sequência de curvas sinuosas que são produzidas pela acreção lateral de barras de pontal (point bar). Essa acreção lateral relaciona-se com a energia de circulação de fluxo, que é geralmente favorecida por declividades relativamente baixas e por grandes quantidades de carga suspensa. A circulação helicoidal tende a ser, na maioria das vezes, o fator dominante nos processos de meandramento. De forma resumida, o fluxo em meandros apresenta velocidades máximas próximas às margens côncavas (erosivas), e velocidades mínimas próximas às margens convexas, com conseqüente acúmulo de sedimentos (point bar) (PETTS e FOSTER, 1985 *apud* MAGALHÃES JÚNIOR, 2011)

A configuração e inserção dos meandros obedece um padrão de curvaturas não idênticos, porém na mesma ordem de grandeza. Essa padronagem é resultante das condições hidrodinâmicas/hidrossedimentológicas de relação dos fatores: largura, profundidade e tamanho/quantidade das partículas sedimentares. Nessa perspectiva, quando o aumento do transporte em suspensão cresce em relação à carga depositada no leito, a relação largura/profundidade diminui e o canal se estreita e se aprofunda, favorecendo mais energia nas margens e menos no fundo do canal, corroborando a formação de meandros (PENTEADO, 1983).

Santos (2008) enfatiza que além da barra de pontal (*point bar*) o padrão fluvial meandrante também possui planície de inundação, lagoas de cheia, meandros abandonados, rompimentos de diques (*crevasse splay*), rompimentos de canal (*crevasse channel*) e ombreiras. Destaca-se que a principal característica desse sistema não é a sinuosidade mas sim a dinâmica deposicional.

Christofolletti (1981) cita a existência de muitos aspectos morfológicos nas áreas de planície de inundação, a exemplo: (a) Meandros abandonados correspondem a trechos que não possuem mais conexão junto com ao curso d'água atual, formando lagos ou pântanos; (b) Diques semicirculares ou barras de meandro, que são os bancos sedimentares formados nas margens convexas dos meandros. No estágio de entalhamento, implica no preenchimento do meandro (canal) e propicia a formação de meandros abandonados; (c) Colo de meandro é o esporão ou pedúnculo que separa as hastes erosivas (margens côncavas) de dois meandros, assim sua tendência é ser cortado; (d) Faixa de meandro é a área de planície ocupada por meandros atuais e abandonados, e canais atuais e seguidos em outras épocas; (e) Banco de solapamento são as margens côncavas e abruptas do canal, nessa morfologia ocorre erosão, por solapamento basal, o que favorece a verticalidade da margem; (f) Bancos detríticos correspondem a baixios arenosos ou de cascalhos formados pela deposição do rio no lado interno da curva convexa, são formados através de materiais migrados no banco de solapamento situado a montante do ponto de deposição.

Charlton (2008), destaca que os canais meândricos também possuem como característica a dissipação da energia de seu fluxo pela resistência provocada na rugosidade das curvas do canal. Ainda segundo a mesma pesquisadora, esse

processo proporciona um equilíbrio na distribuição de energia dentro do sistema fluvial, uma vez que a resistência ao fluxo de água é maior em áreas de deposição do que em áreas de escavação, ou seja, a energia adicional usada para virar as curvas (onde as piscinas estão localizadas) equilibra o aumento do fluxo na resistência encontrada em bancos de deposição de sedimentos. A amplitude dos meandros tende a aumentar continuamente, até que a resistência da curvatura dissipe o excedente de energia, dificultando a migração. No entanto, os meandros continuam a migrar, considerando que o fluxo do rio continue incidindo sobre a margem côncava do canal (HOOKE, 2013). Concordante, Penteadó (1983) acentua que no processo de evolução meândrica existe a tendência cada vez maior de alargamento dos lóbulos, diminuindo o declive do leito. Com a redução do declive, diminui-se também a capacidade de erosão, freando o processo de desenvolvimento dos meandros. Todavia, quando as alças da corrente estão muito amplas no processo de recortamento dos meandros, promove-se a redução do comprimento do canal e aumento da velocidade da corrente. A formação dos meandros através da erosão lateral das margens segue com o aumento da velocidade e da energia. A autora evidencia também que o deslocamento dos meandros não ocorre somente no processo de expansão, mas quando eles migram para jusante, sempre em direção a margem côncava e para jusante do vale.

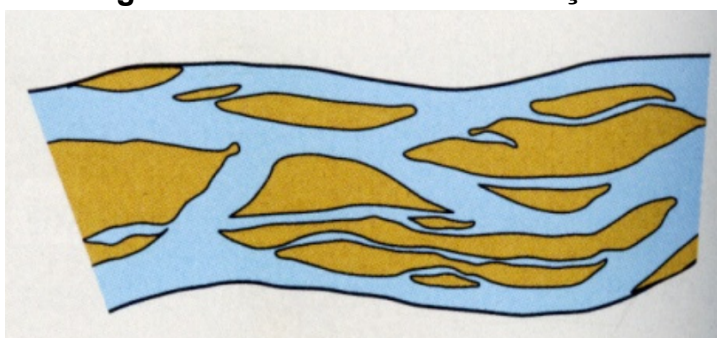
A circulação transversal do fluxo é considerada essencial ao meandro. Pelos princípios da física, canais mais estreitos e profundos favorecem o meandramento por meio da manutenção de uma seção que propicia uma circulação secundária baseada em células duplas. Quando o canal alarga-se e torna-se menos profundo, o número de células aumenta, desfavorecendo o meandramento. A circulação secundária nos meandros (válida para canais retilíneos com talvegue meandrante) ocorre devido ao fluxo que dirige-se ao banco exterior em superfície e ao banco interior em profundidade. Apesar das células de circulação secundária poder emitir fluxo ascendente em ambas as margens (do fundo para a superfície), a maior erosão nas margens côncavas decorre dos vetores compressionais do fluxo nestas margens. A circulação secundária é responsável por oscilações de velocidade. O número de células secundárias reflete a relação largura-profundidade do canal (MAGALHÃES JÚNIOR, 2011).

No padrão fluvial meandrante a carga em suspensão é maior que a carga do leito, o rio tem energia para cavar lateralmente, propriedades específicas relativas ao fluxo da água, comprimento e forma do canal, resistência da rocha encaixante e

contribuição sólida dos afluentes. As condições se modificam conforme o curso d'água atravessa os múltiplos setores do canal e da rede de drenagem, mas também tem relação com mudanças de descarga, mudanças climáticas e nem sempre estão em relação direta com as características hidrodinâmicas atuais (PENTEADO, 1983).

Padrão fluvial Entrelaçado: De acordo com Alves (2013), sistemas entrelaçados (*braided*) caracterizam-se pela formação de um conjunto de múltiplos canais instáveis, separados por barras sedimentares de distintas morfologias, com predomínio de carga de fundo, ou seja, excedente de frações granulométricas grossas que o curso d'água não pode transportar e que ficam submersas principalmente nas cheias (Figura 4). A formação de rios entrelaçados é favorecida por ambientes com elevadas declividades, alta energia, grande variabilidade na descarga, excesso de carga de leito, áreas marginais pouco coesas facilitando a ação de processos erosivos, pouca vegetação e leito irregular (ASHMORE, 2013).

Figura 4 - Padrão fluvial entrelaçado.



Fonte: Teixeira et al (2001).

Com ocorrência em áreas árticas, áridas ou semiáridas os rios entrelaçados ocorrem também em áreas úmidas antropizadas devido aos processos de assoreamento, e bacias hidrográficas onde a cobertura vegetal foi retirada, podendo contribuir para o carreamento de sedimentos para as zonas de canal fluvial. Santos (2008) frisa a relação direta desses canais com a variação equivalente de descarga e sua competência, isto é, o surgimento de novos canais a partir da deposição de novas barras ocorre com a impossibilidade do fluxo vigente de transportar os

sedimentos no leito. Fatores que somados caracterizam a instabilidade e velocidade que os bancos de sedimentos se modificam de posição dentro do leito.

Canais com dimensões largas e rasas possibilitam a circulação de múltiplas células de circulação secundária, formando barras em locais de convergência de fluxo em profundidade, favorecendo assim, o entrelaçamento. Nesse sistema as barras divergem os fluxos promovendo a erosão das margens, o que provoca o alargamento do canal, redução da velocidade e formação de novas barras (*Feedback* positivo). Em rios retilíneos a energia disponível por unidade de comprimento do canal é máxima, já em sistemas meandantes e entrelaçados há redução do gradiente e dissipação da energia (MAGALHÃES JÚNIOR, 2011).

A energia necessária para que ocorra o entrelaçamento aumenta com o aumento da granulometria da carga de leito. Vários canais múltiplos são hidraulicamente menos eficientes que um único canal, pois a ineficiência permite que o excesso de energia seja dissipado. A largura combinada dos canais múltiplos é maior e a profundidade combinada é menor do que um canal único. Neste caso, o aumento da fricção é compensado pelo aumento do gradiente para manter velocidades comparáveis.

O entrelaçamento pode ocorrer como necessidade de dissipação de energia dos múltiplos canais. A manutenção da energia do canal necessária ao transporte sedimentar demanda aumento de gradiente e o ajuste de múltiplas variáveis hidráulicas, compensando os baixos fluxos. Sabendo-se que o transporte de carga de leito e a formação de barras (e *riffles*) são fatores necessários ao desenvolvimento dos meandramentos e entrelaçamentos, avaliação deve relacionar-se a granulometria de carga (MAGALHÃES JÚNIOR, 2011).

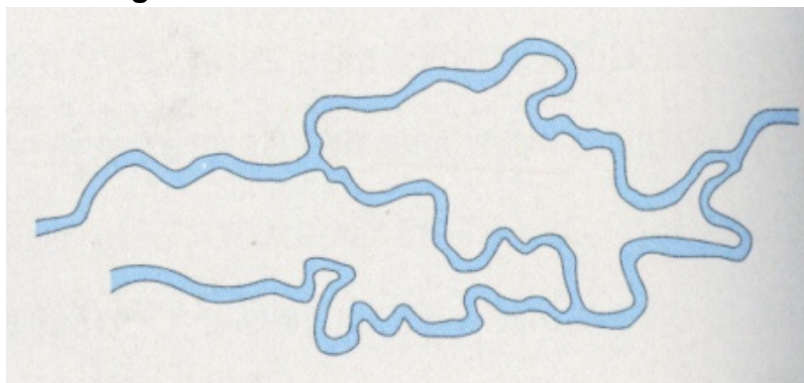
Santos (2008) afirma que os sistemas entrelaçados possuem depósitos sedimentares com pouca organização interna e diversificada variação granulométrica, tanto nas barras de canal quanto nos depósitos de leito. Isso se justifica devido as variadas descargas.

Assim, Teixeira *et al* (2001), cita que um mesmo canal entrelaçado pode apresentar modelos deposicionais distintos, de acordo com sua posição no canal em relação a cabeceira, ou devido a variação de energia de transporte, a exemplo do momento da enchente e da vazante. Enquadrados de acordo com sua posição na bacia hidrográfica os canais podem ser classificados como proximais, intermediários ou distais. Entre os depósitos existe perímetros de transição, com alternância vertical de depósitos de diferentes segmentos do canal entrelaçado, bem como a

intercalação de depósitos e leques aluviais em virtude da variação de descarga e/ou tectonismo no período de deposição.

Padrão fluvial Anastomosado: O sistema fluvial anastomosado (Figura 5) é formado por um complexo de canais estáveis, de baixa energia, interconectados, separados por ilhas alongadas normalmente vegetadas, e comumente estabelecidos em regiões úmidas e alagadas. Os canais anastomosados possuem baixa largura/profundidade, alta sinuosidade, baixos índices de declividade, e predomínio de transporte de sedimentos em suspensão. A elevada sinuosidade associada a baixa declividade contribuem para o extravasamento do canal com deposição de sedimentos finos. Esse sistema também é composto por turfeiras, pântanos, planícies e lagoas de inundação que normalmente ocupam mais de dois terços da área em ambientes úmidos (TEIXEIRA *et al*, 2001).

Figura 5 - Padrão fluvial anastomosado.



Fonte: Teixeira *et al* (2001).

De acordo com Petts e Foster (1985) *apud* Magalhães Júnior (2011) sistemas anastomosados apresentam agradação rápida, baixa energia, áreas alagáveis e para sua formação é necessário uma combinação tectônica, geomorfológica e climática incomum. O autor destaca ainda a ocorrência de zonas de subsidência tectônica ou elevação de níveis de base como fator determinante para a ocorrência desses canais.

A estabilidade lateral identificada nos canais anastomosados se justifica pelo baixo gradiente e pelas margens constituídas por materiais coesos. Consoante, Teixeira *et al* (2001) afirma que essa estabilidade dos canais também é condicionada

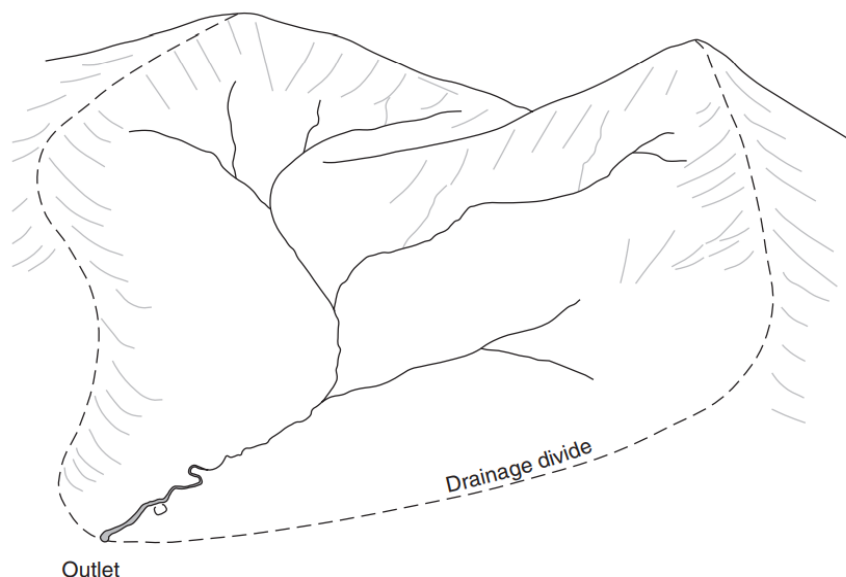
pela presença de vegetação, especialmente raízes, que pode ser 20.000 vezes maior do que para margens sem vegetação. Porém, podem apresentar a ocorrência de avulsões, que são mudanças laterais bruscas de canal, sendo que os antigos canais são rapidamente preenchidos (SANTOS, 2008). Comumente a avulsão começa com o rompimento de dique marginal (*crevasse splay*) e novos canais vão cortando as áreas alagadas. Posteriormente à avulsão, o antigo canal reduz a largura, formando meandros abandonados.

2.3 - Bacia Hidrográfica: fluxos e dinâmicas das águas e sedimentos em superfície.

Delimitada a partir de sua configuração morfológica, de acordo com Stevaux e Latrubesse (2017) a bacia hidrográfica corresponde não apenas a rede hidrográfica, mas também a toda a superfície de captação da precipitação que posteriormente será drenada (Figura 06). Essas áreas correspondem a sistemas geograficamente definidos e delimitados, constituídos por dimensões físicas, biológicas, políticas, administrativas, econômicas, sociais e culturais (PIRES *et al*, 2002; MAGALHÃES JÚNIOR, 2009).

A bacia hidrográfica pode ser drenada por um ou mais cursos d'água, que por sua vez formam a rede hidrográfica. Soares (2015), salienta que os principais elementos de uma área de drenagem são o divisor hidrográfico, as vertentes, a rede hidrográfica, a seção de controle e a rede de drenagem.

Figura 6 - Bacia Hidrográfica.



Fonte: Charlton (2008).

O escoamento na bacia hidrográfica pode ser enquadrado como exorreico (quando a área drena as águas diretamente para o oceano), endorreico (quando o escoamento encerra no interior das terras emersas), arreico (áreas de drenagem sem organização espacial da drenagem, com trechos dos cursos d'água desconectados) ou criptorreico (quando parte da rede hidrográfica corre em subsuperfície) (STEVAUX e LATRUBESSE, 2017).

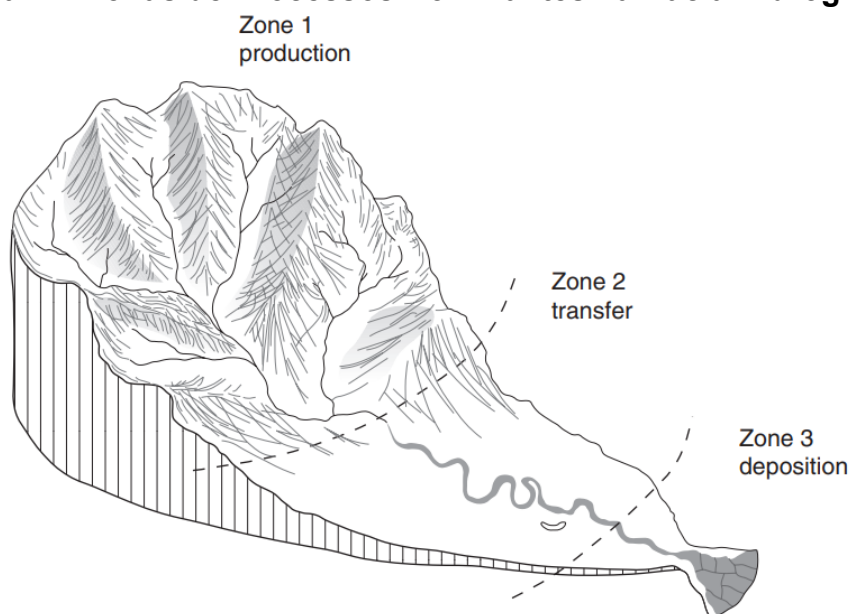
Essas unidades espaciais se inserem ao longo de toda a superfície de terras emersas, formando um mosaico de áreas de drenagem. As bacias hidrográficas podem variar de dimensão espacial, de alguns metros quadrados a milhões de quilômetros quadrados, sendo que podemos delimitar sub-bacias ou microbacias dentro de áreas de drenagem maiores.

Apesar de os limites políticos e administrativos não respeitarem as dimensões naturais da bacia hidrográfica ela é fixada na lei 9.433 de 1997, também conhecida como Lei das Águas, como a unidade territorial para a gestão dos recursos hídricos. Isso ocorre, pois, ao considerarmos essa área de drenagem como um sistema, veremos que os múltiplos condicionantes, agentes e dinâmicas interagem com toda a área de drenagem, ou seja, qualquer fenômeno que incide em qualquer ponto da bacia terá reflexos a montante e jusante do ponto de interferência ou análise.

Considerada de suma importância para a gestão e compreensão dos recursos hídricos, no entanto, a bacia hidrográfica não abrange a totalidade das dinâmicas de subsuperfície, e onde segundo Arraes e Campos (2007), mais de uma bacia hidrográfica pode pertencer a uma mesma bacia hidrogeológica ou aquífero. Unidades espaciais de suma importância para o entendimento das dinâmicas de recarga e descarga em sua totalidade. No entanto, como a topografia é o principal elemento no processo de transporte de materiais, para pesquisas que abordam aspectos hidrológicos e demais fenômenos dos fluxos superficiais, a principal unidade de apuração e pesquisa é a bacia hidrográfica (RENNÓ, 2004).

Considerando que de acordo com Coelho Netto (1994) toda a bacia de drenagem fornece água, sedimentos e materiais dissolvidos para os canais fluviais e oceanos, Grant *et al* (2013) e Charlton (2008) destacam a proposta de Schumm (1977) de subdividir a bacia hidrográfica em subsistemas, cada um operando um sistema dentro de um todo integrado. Nesse processo de análise, a área de drenagem é dividida em três zonas de processos dominantes, sendo elas, a zona de produção de sedimentos, a de transferência de sedimentos e a de deposição de sedimentos (Figura 7).

Figura 7 - Zonas de Processos Dominantes na Bacia Hidrográfica.

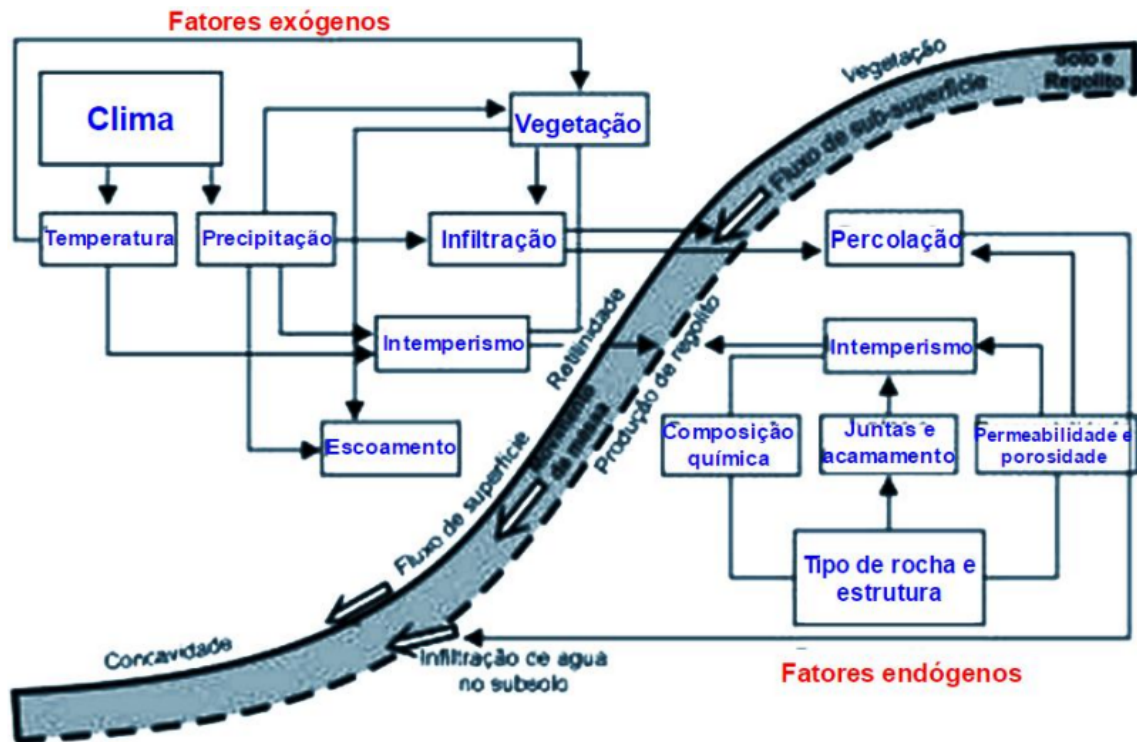


Fonte: Charlton (2008) adaptado de Schumm (1977).

O terço superior da bacia, onde situam-se as áreas de cabeceira, é onde a maioria dos sedimentos se origina por processos de erosão e movimentos de massa. Em sequência, na segunda zona, os sedimentos são predominantemente transportados, nessa área a produção de sedimentos não é tão constante. Por último, inserida em uma área com menor gradiente e conseqüentemente menor energia disponível para transporte, forma-se a zona preferencial para deposição de sedimentos (CHARLTON, 2008). Consoante, Grant *et al* (2013) salientam que cada uma dessas zonas apresenta morfologias e compartimentos característicos, que possuem paisagens com dinâmicas impostas pela gravidade que indica o que acontece.

O relevo é composto por uma diversidade de tipos de vertentes que se inserem ao longo de todo o modelado terrestre (PENTEADO, 1983; VALADÃO, 2010). Segundo Dylik (1968) *apud* Christofolletti (1980), a vertente pode ser definida como uma forma tridimensional resultante da interação entre as condições endógenas e exógenas ao longo do tempo, retratando a conexão dinâmica do interflúvio ao talvegue (figura 8). Como um conjunto de elementos integrados, a vertente pode ser considerada também como um sistema aberto, em busca de estabilidade que influencia e ao mesmo tempo é influenciada pelos processos de pedogênese e morfogênese.

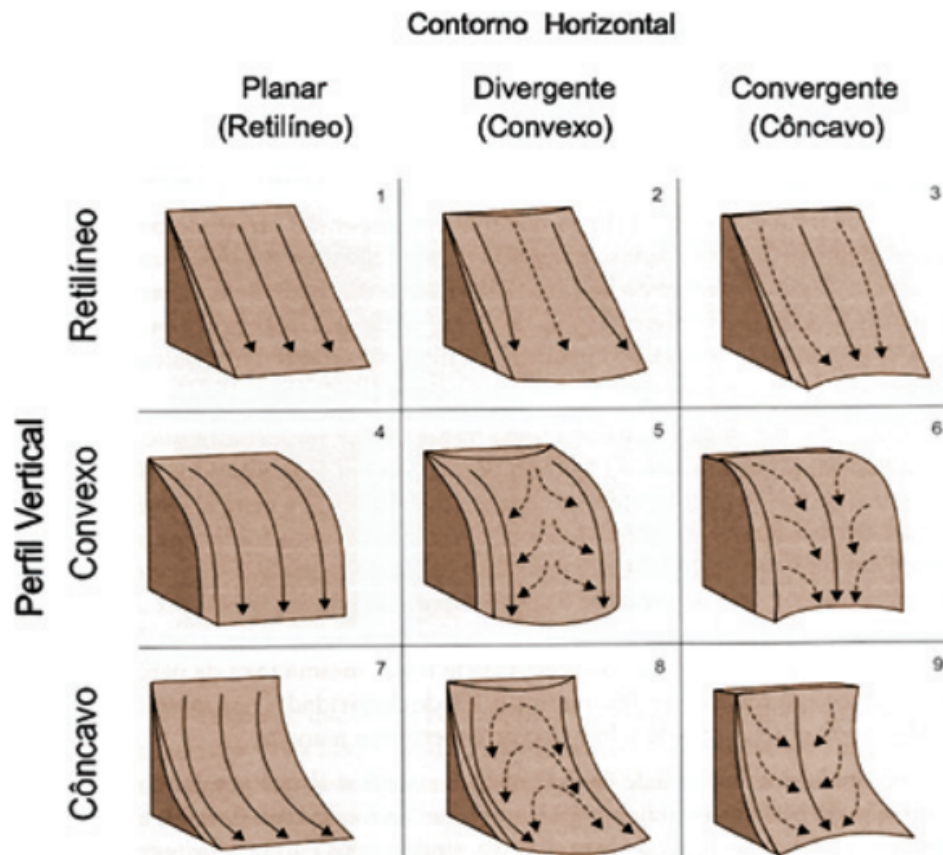
Figura 8 - Sistema de uma vertente convexo-retilínea-côncava.



Fonte: Google imagens (Clark e Smal, 1982).

Como formas tridimensionais, as vertentes podem apresentar morfologias distintas, com variação do seu perfil vertical e curvaturas horizontais (Figura 9) (VALADÃO, 2010; AFONSO e SILVA, s/d). As múltiplas morfologias são de suma importância uma vez que influenciam fortemente o direcionamento e distribuição dos fluxos de água e sedimentos em superfície (COELHO NETTO, 1994; VALERIANO, 2008; AFONSO e SILVA, s/d; PENTEADO, 1983; CHRISTOFOLETTI, 1980).

Figura 9 - Combinação dos perfis verticais e contornos horizontais das vertentes.



Fonte: Valeriano (2008) adaptado de Ruhe (1975).

As rotas preferenciais dos fluxos superficiais ou subsuperficiais definem os mecanismos erosivo-deposicionais preponderantes e resultam da interação dos diversos fatores bióticos (flora e fauna), abióticos (clima, rocha, solo, e posição topográfica) e antrópicos (uso do solo) que compõem o respectivo ambiente de drenagem. Alterações na composição destes fatores podem induzir a modificações significativas na dinâmica espaço-temporal dos processos hidrológicos atuantes nas encostas e, conseqüentemente, no trabalho geomorfológico (Coelho Netto, 1994).

Uma das variáveis que mais interferem no comportamento das águas pluviais e sedimentos no sistema da vertente é a sua forma. São suas diferentes morfologias que condicionarão a concentração, dispersão ou a transferência dos fluxos. Além disso, ela também [a vertente] vai variar de acordo com sua declividade, comprimento, altura, inclinação, microformas, materiais, cobertura e usos destinados.

Frente ao exposto, Christofolletti (1980), salienta que a vertente é um sistema complexo que envolve múltiplos processos responsáveis formação e remoção de materiais detríticos, sendo que os processos morfogenéticos são os principais responsáveis pela esculturação das formas de relevo e evolução das vertentes.

De acordo com Penteado (1983), no processo de esculturação da paisagem devemos considerar também os aspectos estruturais e de resistência dos materiais que por sua vez são somados aos fatores climáticos. Consoante, Coelho Netto (1994) salienta a importância da precipitação como fator-controle do ciclo hidrológico, assim como na estruturação das condições ecológicas e geográficas de alguma região. Ainda segundo a mesma autora, as quantidades relativas de chuva, seus regimes zonais ou diários e a intensidade das precipitações são alguns dos fatores que afetam a natureza e magnitude dos trabalhos geomorfológicos em bacias hidrográficas e conseqüentemente ao longo das vertentes por toda extensão do modelado terrestre.

Ao incidir sobre a superfície de qualquer terreno, as águas pluviais podem seguir por dois caminhos, permanecer em superfície ou infiltrar para subsuperfície e percolar em várias direções (TRICART, 1977). Para que algum desses trajetos sejam percorridos, ou mesmo ambas as possibilidades, algumas variáveis devem ser consideradas, tais como, as condições climáticas, qualidade e quantidade dos índices pluviométricos distribuídas ao longo do tempo, as características do relevo, características dos solos (porosidade, textura, nível de compactação, estrutura), as condições bióticas e edáficas, intervenções antrópicas etc (COELHO NETTO, 1994; BIGARELLA, 2003).

Neste contexto, de acordo com Coelho Netto (1994) citando Horton (1933), o processo de infiltração resulta das relações de interdependência dos mecanismos de entrada das águas na superfície do solo, de capacidade de armazenamento do solo e de transmissão de umidade do solo. Ainda segundo a mesma autora, cada tipo de solo possui uma capacidade máxima de absorção de água, denominada por Horton de capacidade de infiltração. A quantidade de água pluvial que infiltra no solo é definida pela relação entre intensidade da precipitação e a capacidade de infiltração, neste sentido, quando a quantidade de água precipitada é menor que a capacidade de infiltração, a taxa de infiltração é igual aos índices pluviométricos, no entanto,

quando a intensidade das chuvas ultrapassa a capacidade de infiltração, parte da água é absorvida pelo solo (de acordo com a capacidade de cada ambiente e solo), e o excedente escoar sobre a superfície.

O processo morfogenético pluvial está entre os mais importantes e pode ocorrer de duas formas, sendo elas, pelo escoamento em superfície ou pela ação mecânica do impacto das gotas de chuva (TRICART, 1977; LEPSCH, 2011). De acordo com Christofolletti (1980), o impacto das gotas de chuva corresponde à primeira fase da morfogênese pluvial, segundo ele, a ação mecânica é exercida devido a ação cinética das gotas, que pode variar de acordo com o tamanho e velocidade das mesmas. Esse processo é denominado de saltitação ou splash erosion e provoca a retirada, transporte e deposição de partículas de forma inconstante, ou seja, sem direção definida, dependendo do posicionamento da partícula e da gota de chuva ao entrarem em contato com o material em superfície. Se analisarmos de forma individual, a ação mecânica dos impactos das gotas de chuva promove apenas o transporte de material particulado a pequenas distâncias, no entanto se olharmos a totalidade desse fenômeno ocorre o deslocamento de grande quantidade de solo.

Por sua vez, o escoamento das águas pluviais em superfície ocorre quando a quantidade de águas disponibilizadas durante a chuva é maior que a capacidade de infiltração. Os fluxos em superfície afetam tanto as partículas que foram atingidas pelas gotas de chuva como as áreas onde o próprio escoamento ocorre. Esse escoamento tende a engrossar à medida que descendem as vertentes e quando se conectam formam as enxurradas. A velocidade das águas pode promover dois tipos de transporte de materiais, sendo eles, o transporte em suspensão das partículas mais finas por meio da rugosidade do terreno e do turbilhonamento das águas, e o transporte por saltação, onde as partículas mais grossas são arrastadas vertente abaixo (CHRISTOFOLLETTI, 1980).

No entanto, conforme é evidenciado por Tricart (1977), Crepani et al (2001) e Coelho Netto (1994) esse processo morfogenético sofre variações de intensidade dependendo do uso e ocupação instalado sobre a superfície, ou seja, devemos considerar o tipo de vegetação e o seu grau de conservação pois quanto mais densa maior o potencial de dissipação da energia das chuvas, ou se a superfície for

impermeabilizada é necessário verificar o ambiente em que essas intervenções antrópicas estão instaladas uma vez que também vão proporcionar comportamentos distintos para as águas pluviais.

2.4 - Sólidos no Canal Fluvial

No processo de evolução da superfície terrestre os sedimentos são transportados para as porções mais rebaixadas do relevo, o que inclui os leitos dos cursos d'água (figura 10). Vale (2014) aponta que os rios correspondem às principais rotas de transporte dos produtos do intemperismo para os oceanos. Esse complexo sistema físico é extremamente organizado e avançado, e utiliza da força da gravidade para transportar água e sedimentos no interior e para fora das porções de terras emersas (continentes e ilhas).

A carga de materiais sólidos em um canal pode ser obtida pela própria dinâmica fluvial de erosão do canal, assim como pela remoção das vertentes em toda área da bacia hidrográfica, responsável pela maior parte dos sedimentos que chegam até a rede hidrográfica (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Além da dinâmica de escavação, os múltiplos sistemas fluviais interferem no equilíbrio entre deposição e transporte. Por esta perspectiva, é importante considerar todos os fragmentos dentro do canal, uma vez que o sedimento pode estar depositado temporariamente, ou os materiais que estão em fase de transporte serem depositados em sequência. Essa variação depende de múltiplos condicionantes climáticos, hidrológicos, geológicos, geomorfológicos, antrópicos, qualidade e quantidade dos sedimentos, dentre outros, além da dinâmica temporal a que se inserem durante a evolução da superfície.

Em sua pesquisa Vale (2014), destaca que grande parte desse material (75%) não chega até os mares e oceanos, ficam retidos em formas deposicionais, tais como, planícies de inundação, terraços fluviais, leques aluviais, ilhas etc, ou dentro do próprio curso d'água. Esse contexto também é descrito por Charlton (2008), que salienta que apenas uma certa proporção de todo o sedimento que é produzido em uma bacia de drenagem atinge a sua saída.

Ao chegarem aos rios, os sedimentos podem ser transportados em solução, suspensão ou carga do leito. A carga dissolvida, corresponde a solução química resultante do intemperismo. A carga de fundo, carga de leito ou carga de arraste, é composta por uma granulometria maior e mais pesada que se deslocam junto a base do canal, por saltação, rolamento ou deslizamento. Carga em suspensão corresponde a granulometria reduzida e leve, transportada na coluna de água. A diferenciação entre as cargas de fundo e suspensão consiste mais no modo de transporte que na granulometria da partícula (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Além do processo de retirada e transporte, os sólidos são depositados no canal fluvial. O processo de acúmulo desses materiais também faz parte dos impactos físicos às redes hidrográficas, e corresponde a uma das principais perturbações dos processos morfogenéticos. Para Magalhães Júnior (2013) o assoreamento corresponde a um processo geomorfológico (que pode ou não ser intensificado pelas ações antrópicas) de aumento da quantidade de sólidos nos leitos dos canais. Ultrapassando a capacidade de transporte, o canal passa a ser gradualmente preenchido pelos sedimentos, limitando assim, o espaço para o escoamento das águas. O processo de assoreamento pode contribuir para a ocorrência de enchentes e inundações, e aumento da carga em suspensão e alterações da qualidade e quantidade de água disponível em superfície.

Figura 10 - Fluxograma dos processos de inserção dos sólidos nos canais fluviais



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

2.5 - Área de Preservação Permanente - APP

2.5.1 - Contextualização Histórica das APP's na legislação brasileira.

As primeiras medidas conservacionistas praticadas no Brasil datam do século XIX e estavam unicamente relacionadas a fins econômicos, na exploração de pau-brasil (FOLETO E SILVA, 2013). Buscando conter o desmatamento, a Lei de Terras (Lei nº 601/1850) pretendeu disciplinar as formas de exploração de madeira nobre brasileira. Apesar destas normatizações, não era uma preocupação da época a manutenção da biodiversidade, de criar áreas para preservação ambiental ou proteger os recursos hídricos (GASS et al. 2016).

Somente no governo de Getúlio Vargas, início da década de 30, marcado pelo desmatamento da floresta nativa para o plantio de café e criação de gado na região do Vale do Paraíba, somado aos primórdios do processo de industrialização brasileira, que o Código Florestal Brasileiro foi criado através do decreto no 23.793/1934 (SANTOS, 2019). Para Ahrens (2003), a partir deste momento o Estado brasileiro considerou as florestas um bem de interesse comum a todos os habitantes do país.

Com a pressão da comunidade científica brasileira e dos movimentos ambientalistas, em 1965 foi revogado o Decreto Federal no 23.793/1934 e criado o segundo Código Florestal Brasileiro, Lei Federal no 4.771 (BRASIL, 1965). Nesta lei ampliou-se a proteção de outras fitofisionomias, como os Pampas e o Cerrado. Também tratou de impor restrições quanto ao uso da propriedade privada, no tocante à manutenção das Áreas de Preservação Permanente (APPs) e áreas de Reserva Legal (RL).

Contudo, relatórios do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em parceria com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), mostrando que de 1995 a 1997 ocorreu um dos maiores índices de desmatamento bruto da Amazônia, comprovaram a discrepância entre o que era previsto em lei, com o que ocorria, de fato, em território nacional. Isto fez o

então presidente da república Fernando Henrique Cardoso, promulgar a Medida Provisória nº 2.166/2001, tratando das novas modificações do CF de 65.

Com o crescimento do embate entre pesquisadores, ambientalistas e ruralistas surge, em 2009, a tentativa de reformulação do CFB 65 que, por sua vez, foi bastante criticado por pesquisadores e juristas, que notaram brechas que flexibilizaram o desmatamento e o avanço da fronteira agrícola (RORIZ; FEARNSIDE, 2015). Após todos os trâmites, o Novo Código Florestal Brasileiro, através da Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012, foi aprovado.

No que diz respeito ao processo de entendimento de áreas de preservação permanente, este nasceu, de modo rudimentar, no texto do CFB de 1934 (SANTOS, 2019). Nele foi abordado o conceito de florestas protetoras, como mostra em seu artigo 4º; (BRASIL, 1934):

Art. 4º Serão consideradas florestas protectoras as que, por sua localização, servirem conjunta ou separadamente para qualquer dos fins seguintes: (a) conservar o regime das águas; (b) evitar a erosão das terras pela ação dos agentes naturais; (c) fixar dunas; (d) auxiliar a defesa das fronteiras, de modo julgado necessário pelas autoridades militares; (e) assegurar condições de salubridade pública; (f) proteger sítios que por sua beleza mereçam ser conservados; (g) asilar espécimes raros de fauna indígena.

Já o código florestal de 1965, as florestas e demais formas de vegetação natural foram enquadradas em preservação permanente, como mostram os trechos a seguir retirado da referida lei (BRASIL, 1965):

Art. 2º Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas: (a) ao longo dos rios ou de outro qualquer curso d'água, em faixa marginal cuja largura mínima será:

- 1- de 5 (cinco) metros para os rios de menos de 10 (dez) metros de largura;
 - 2- igual à metade da largura dos cursos que meçam de 10 (dez) a 200 (duzentos) metros de distância entre as margens;
 - 3- de 100 (cem) metros para todos os cursos cuja largura seja superior a 200 (duzentos) metros.
- b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;
- c) nas nascentes, mesmo nos chamados "olhos d'água", seja qual for a sua situação topográfica;
- d) no topo de morros, montes, montanhas e serras;
- e) nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;
- f) nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
- g) nas bordas dos tabuleiros ou chapadas;

h) em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, nos campos naturais ou artificiais, as florestas nativas e as vegetações campestres.

Art. 3º Consideram-se, ainda, de preservação permanentes, quando assim declaradas por ato do Poder Público, as florestas e demais formas de vegetação natural destinadas:

- a) a atenuar a erosão das terras;
 - b) a fixar as dunas;
 - c) a formar faixas de proteção ao longo de rodovias e ferrovias;
 - d) a auxiliar a defesa do território nacional a critério das autoridades militares;
 - e) a proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico ou histórico;
 - f) a asilar exemplares da fauna ou flora ameaçados de extinção;
 - g) a manter o ambiente necessário à vida das populações silvícolas;
 - h) a assegurar condições de bem-estar público.
- (BRASIL, 1965)

Cabe salientar que até 1950 a maior parte da população brasileira vivia em áreas rurais, logo, se explica o direcionamento das referidas leis para a proteção das vegetações naturais localizadas nesta região (BUENO, 2005).

Dentre as alterações propostas ao código florestal de 65, as leis federais nº 7.511 de 1986, posteriormente revogada pela lei nº 7.803 de 1989, propuseram alterações quanto à extensão da faixa de vegetação a ser preservada ao longo de cursos d'água, a preservação de nascentes e olhos d'água, inclusão de tabuleiros ou chapadas, tendo suas bordas como APP's e áreas com altitude superior a 1.800 metros, respectivamente.

Em seu texto, a lei nº 7.803/89 passa a particularizar a preservação dos rios ou de qualquer curso d'água, "desde o seu nível mais alto" (BRASIL, 1989). Com isto, especifica qual o limite mínimo deve ser preservado ao longo de todo corpo hídrico, considerando, para isto, o seu período de maior vazão e possíveis inundações.

Tratado até então da preservação de florestas protetoras, não havia, na lei máxima, a definição explícita das áreas destinadas à preservação permanente (SANTOS, 2019). Através das Medidas Provisórias nº 1.856-50 de 26 de maio de 2000 e nº 2.166-67 de 24 de agosto de 2011 - referentes ao Código Florestal Brasileiro de 1965 - foi definido, pela primeira vez, o conceito de Área de Preservação Permanente:

II - área protegida nos termos dos art. 2º e 3º desta Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos

hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 1965).

Essa definição permanece vigente no atual Código Florestal Brasileiro sob a Lei nº 12.651/2012. O aperfeiçoamento da definição e funcionalidade das APP's foi obtido através de intensos debates científicos que comprovaram sua eficácia na proteção dos corpos hídricos, bem como na fixação do solo e conservação da fauna e flora a elas interligadas.

2.5.2 Áreas de Preservação Permanente na lei 12.651/2012 (Novo Código Florestal)

Inserida atualmente no novo código florestal, lei 12.651, de 25 de maio de 2012, instituída pela então presidente da república Dilma Vana Rousseff, a APP - Áreas de Preservação Permanente, possui uma definição que pouco se modificou do revogado código florestal de 1965 (Lei 4771). Apesar de abrangente, essa delimitação é de suma importância principalmente por abordar as funções e objetivos dessas áreas de preservação. Conforme a referida lei e para efeitos desta pesquisa, vale evidenciar a preservação dos recursos hídricos, a estabilidade geológica e a proteção do solo, objetivos diretamente relacionados com a proteção física de redes hidrográficas.

Entre as funções ecológicas das APP's estão as biológicas, hídricas, edáficas, climáticas, sanitárias e estéticas. Dentre os inúmeros propósitos que estas mesmas funções apresentadas pelo autor tem, algumas dizem respeito à proteção física de cursos d'água, sendo elas: (I) estabilização das margens dos canais pelo sistema radicular da vegetação, reduzindo a perda de solo e a susceptibilidade ao assoreamento; (II) Redução dos processos erosivos e conseqüentemente carreamento de material particulado e sais para a hidrografia; (III) Intercepção de material particulado carregado pelos ventos (VALERA, 2017).

De acordo com o novo código florestal vigente, em seu capítulo II, Artigo 4º, considera-se área de preservação permanente:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;

b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;

V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45° , equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;

VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

VII - os manguezais, em toda a sua extensão;

VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25° , as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;

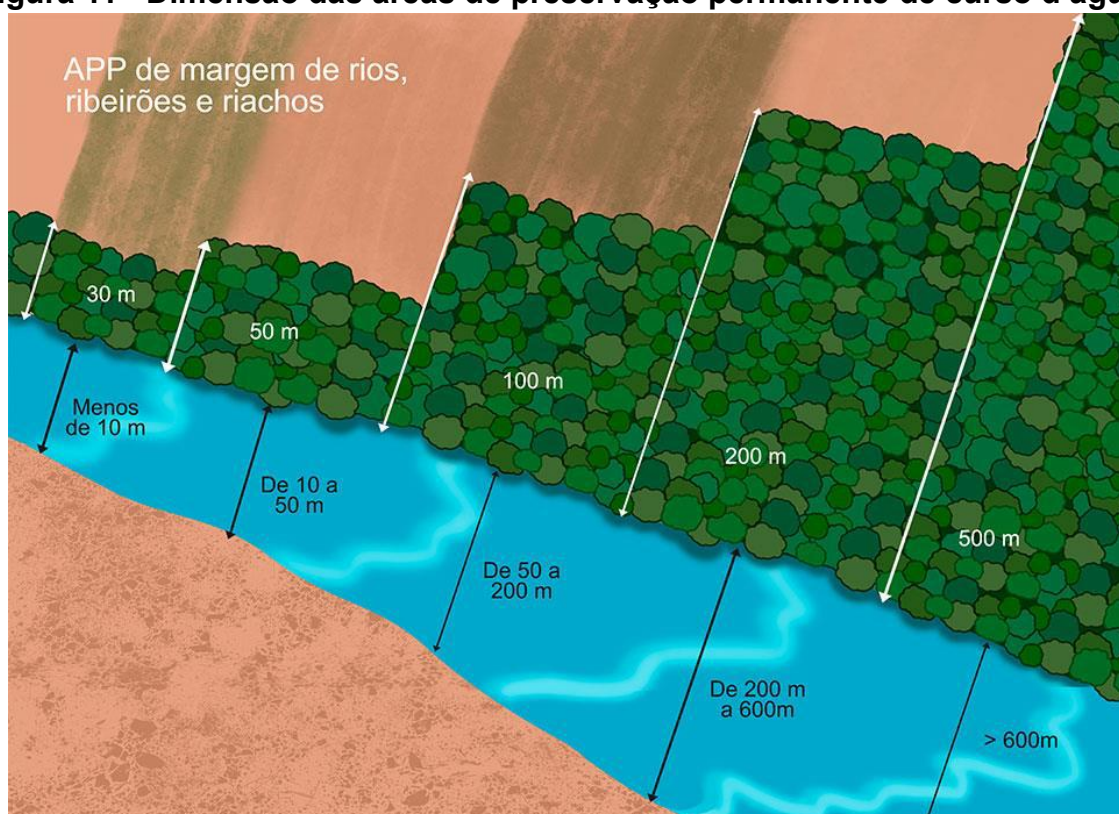
X - as áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;

XI - em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado.

§ 1º Não será exigida Área de Preservação Permanente no entorno de reservatórios artificiais de água que não decorram de barramento ou represamento de cursos d'água naturais (BRASIL, 2012).

Apesar da legislação empregar uma grande variedade de APP's, o foco desta pesquisa será as áreas de preservação permanente inseridas ao longo dos cursos d'água em ambientes rurais (figura 11). Uma vez que para a legislação a aplicação das APP's apresenta singularidades no contexto urbano, casos de utilidade pública, interesse social e usos consolidados.

Figura 11 - Dimensão das áreas de preservação permanente de curso d'água .



Fonte: <https://www.ufsm.br/pro-reitorias/proinfra/uma/o-que-sao-areas-de-preservacao-permanente/>

A gestão das áreas de preservação permanente é de responsabilidade do proprietário da área, possuidor ou ocupante de qualquer título, sendo pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado. Caso a vegetação tenha sido suprimida, o proprietário é obrigado a promover a recomposição da vegetação (BRASIL, 2012). Neste contexto, Bizzo *et al* (2014), evidencia não só a manutenção das áreas, mas importância do monitoramento ambiental dos cursos d'água, assim como dos ecossistemas que estejam integrados. Para as autoras, no processo de de avaliação de rios é de suma importância considerar aspectos físicos do meio, tais como, substrato de fundo, qualidade dos remansos, características dos fluxos, alterações no leito, estabilidade das margens, presença de mata ciliar e grau de proteção oferecido ao ambiente pela cobertura vegetal (CALLISTO *et al*, 2002 *apud* BIZZO, 2014).

2.5.3 Diretrizes municipais de gestão da área de estudo segundo a lei complementar Nº 227 de Sete Lagoas.

No ano de 2019 foi promulgada a lei complementar Nº 227 do município de Sete Lagoas, que cria a Área de Proteção Ambiental (APA) Córrego do Marinheiro, o Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) do Município e dá outras providências.

A APA Córrego Marinheiro foi definida com uma extensão territorial de 1.482,9016 hectares (ANEXO I). Segundo a referida lei, a APA tem os seguintes objetivos:

- I - a conservação do patrimônio natural, cultural e arquitetônico da região, visando à melhoria da qualidade de vida da população e a proteção dos ecossistemas regionais;
- II - a proteção dos mananciais hídricos utilizados ou com possibilidade de utilização para abastecimento público;
- III - o controle das pressões urbanizadoras e das atividades agrícolas e industriais, compatibilizando as atividades econômicas e sociais com a conservação dos recursos naturais, com base no desenvolvimento sustentável (SETE LAGOAS, 2019).

No documento constam também as diretrizes gerais para alcançar os objetivos da APA, sendo importante destacar que diversos deles estão diretamente relacionados com a proteção dos recursos hídricos. Dentre os principais que são pertinentes aos objetivos desta pesquisa pode-se destacar: (I) A adoção de medidas para garantir a qualidade e quantidade de águas disponíveis; (II) A preservação/recuperação da cobertura vegetal, das áreas de preservação e reserva legal; (III) A proteção das várzeas com restrições de interferências antrópicas sem a autorização dos órgãos competentes; (IV) Práticas agropecuárias e silviculturais com orientação técnica e normativa; (V) A exigência de licença do órgão ambiental competente para solicitação de obras dentro dos limites da APA, além das licenças já previstas na legislação ambiental; (VI) Adoção de normas para o parcelamento do solo e de critérios para implementação de infraestrutura, compatibilizando a ocupação com a conservação ambiental, de acordo com as diretrizes estabelecidas no zoneamento socioeconômico; (VII) Adequações das vias na área rural, visando as condições de tráfego e o controle dos processos erosivos; (VIII) A elaboração do

plano de gestão da APA, para que as ações ambientais sejam reportadas aos órgãos estaduais para fins de controle da área.

A APA do Córrego Marinheiro foi dividida em quatro zonas ambientais, sendo elas, a zona de agrupamento urbano (ZAU), zona de agrupamento rural (ZAR), zona da vida silvestre (ZVS) e a zona de atividades de estudos e pesquisas (ZAEP). Cabe destacar também que essas zonas foram devidamente caracterizadas e espacializadas ao longo da lei, sendo estabelecidas ainda, diretrizes específicas para a utilização e manejo em cada uma delas, assim como de toda a APA.

Segundo a lei, na APA são consideradas áreas de preservação permanente as florestas e demais formações vegetais naturais previstas no novo código florestal, lei federal 12.651/2012 e na resolução CONAMA Nº 303 de 2002, com destaque para as áreas próximas a qualquer corpo d'água. Ainda de acordo com a legislação, não será permitida a supressão de vegetação na zona da vida silvestre, já as demais áreas onde a prática é permitida, demanda autorização prévia e plantio de novas mudas dentro da área da APA.

As áreas enquadradas neste artigo deverão ser destinadas à preservação da fauna e flora, permitindo-se o plantio de espécies nativas com o objetivo de recuperar as matas ciliares e enriquecer a vegetação, sendo que qualquer intervenção deverá ser licenciada pelos órgãos ambientais competentes (SETE LAGOAS, 2019).

Considerando as demandas e necessidades da área, a lei complementar estipula um conjunto de ações a serem implementadas, sendo elas:

- I - programa de prevenção e combate aos incêndios;
- II - programa de controle ambiental, que considere de forma integrada as ações de monitoramento, fiscalização e licenciamento das atividades realizadas ou a serem implementadas no território da APA do Córrego do Marinheiro;
- III - programa de recuperação ambiental, com objetivo de efetivar medidas destinadas à conservação e recuperação dos recursos naturais, de modo a garantir a qualidade e a biodiversidade dos ecossistemas, dando prioridade à recuperação das matas ciliares da região;
- IV - programa de educação ambiental, que promova o conhecimento sobre os atributos e problemas ambientais da APA do Córrego do Marinheiro, assim como a mobilização da população para uma nova atitude em relação ao meio ambiente, por meio de ações de caráter formativo e informativo, e do incentivo a mecanismos de participação da comunidade na discussão e execução da política ambiental;

V - programa de fomento à produção e diversificação agrícola, que promova a associação dos produtores e implemente formas de comercialização de produtos;

VI - programa de tratamento de esgotos e disposição de resíduos sólidos, que contenha atividades e cronogramas compatíveis com as características de cada zona da APA do Córrego do Marinheiro;

VII - programa de combate à atividade minerária clandestina, que promova a sua regularização de forma compatível com os objetivos e programas estabelecidos para a APA do Córrego do Marinheiro e de acordo com a legislação vigente;

VIII - programa de monitoramento ambiental informatizado da APA do Córrego do Marinheiro, com utilização de dados georreferenciados constantes em banco de dados já utilizados neste trabalho e a serem incorporados em levantamentos futuros;

IX - programa de desenvolvimento turístico, que viabilize o ecoturismo na APA do Córrego do Marinheiro, prioritariamente na Zona da Vida Silvestre (ZVS), com a implantação de equipamentos de apoio à atividade turística, de cultura e de lazer, com prioridade ao desenvolvimento de projetos de incentivo aos proprietários locais para atuarem no ecoturismo;

X - programa de mapeamento do patrimônio natural e cultural, que possibilite o estabelecimento dos roteiros turísticos pela APA do Córrego do Marinheiro, levando em conta o perfil dos usuários e a capacidade de suporte do meio ambiente (SETE LAGOAS, 2019).

Em síntese, cabe destacar que os recursos para implementação dos objetivos da APA e para os programas do artigo supracitado (artigo 61) poderão originar-se de:

I - ICMS ecológico, oriundo de recursos estaduais mediante a apresentação de documentação necessária para o cadastro no programa, e esta arrecadação será investida integralmente apenas na região da APA Córrego do Marinheiro;

II - dotações orçamentárias das Secretarias Municipais relacionadas no §§ 1º e 2º do artigo 63 desta Lei Complementar, devendo ser quantificados na previsão orçamentária anualmente elaborada;

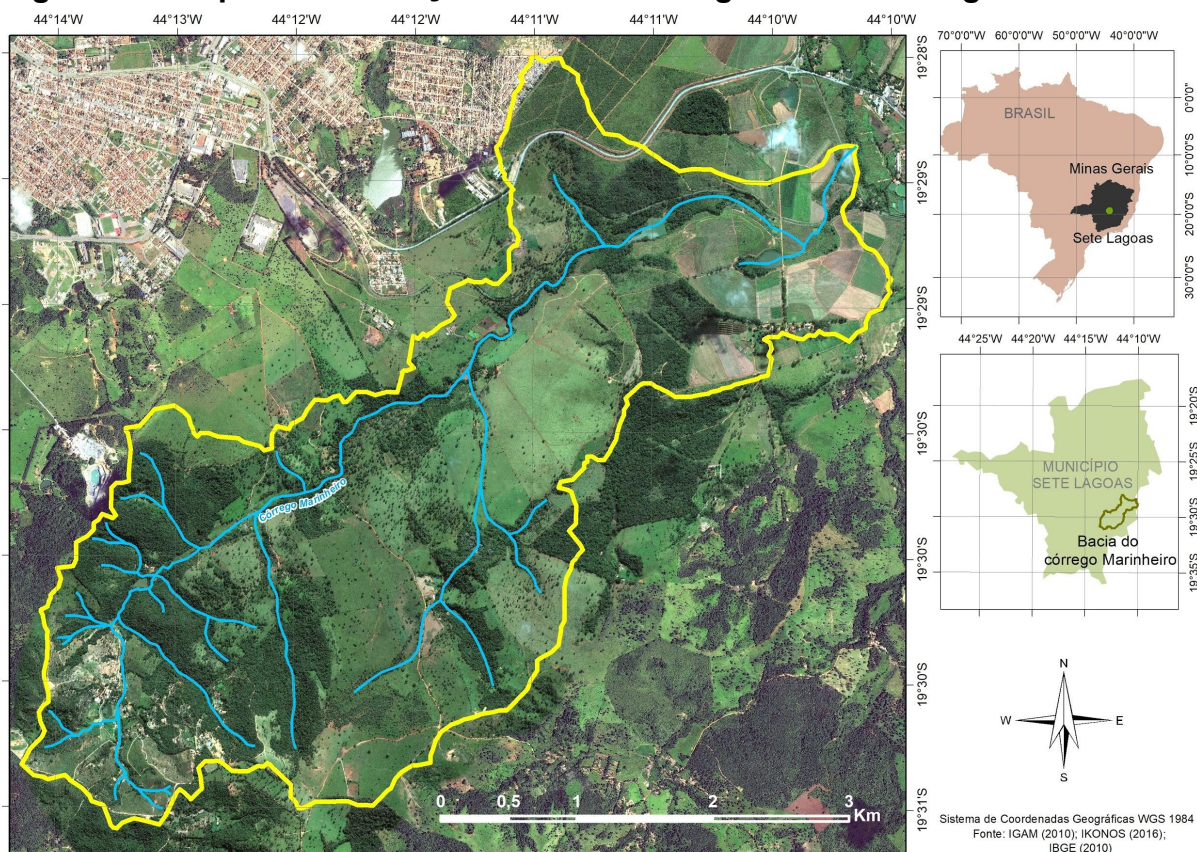
III - contrapartidas para o licenciamento de empreendimentos da iniciativa privada;

IV - transferências, contribuições, subvenções, auxílios da União e do Estado, doações e legados, convênios, contratos do Município com instituições públicas ou privadas e de outros recursos que, pela sua natureza, possam ser destinados ao previsto no caput deste artigo (SETE LAGOAS, 2019).

3 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do Córrego Marinheiro encontra-se no município de Sete Lagoas, na divisa com Prudente de Moraes, região central do estado de Minas Gerais (Figura 12). Situada a 70 Km de Belo Horizonte e a 40 Km do aeroporto internacional Tancredo Neves em Confins, as principais vias de acesso à área de estudo são a BR-040 e a MG-424, que conectam Sete Lagoas à capital mineira.

Figura 12 - Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Marinheiro.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

De acordo com a prefeitura de Sete Lagoas (2010), a fixação de uma população em sua localidade só ocorreu em 1750, com a concessão da sesmaria de três léguas a Antônio Pinto de Magalhães, localidade que posteriormente foi dividida em territórios menores. Segundo Monteiro (2016), com o fim do desmembramento das sesmarias, a continuidade das grandes extensões de terras e as leis de divisão do território, o elevado valor do terreno fazia com que as negociações fossem feitas

com lideranças públicas, acontecimentos que proporcionaram a existência de grandes propriedades como a fazenda Sete Lagoas. Ainda segundo o mesmo autor, a fazenda concentrava nessa época uma quantidade considerável de pessoas, vindo a se tornar um povoado e posteriormente uma cidade em 1867, com uma economia baseada principalmente em atividades agropecuárias.

Ampliando a população local e tornando a economia muito mais dinâmica, no final do século XIX ocorreu a implantação dos trilhos da Estrada de Ferro Central do Brasil, posteriormente, Rede Ferroviária Federal S/A que hoje é denominada de Ferrovia Centro Atlântica. Mais tarde, um novo fator que contribuiu e ainda contribui para o desenvolvimento da cidade foi o surgimento das siderúrgicas, demais indústrias e conseqüentemente ampliação do setor terciário, iniciado nos anos 60. Apesar de todo o desenvolvimento e mudanças ocorridas em seu território, o município ainda possui expressiva produção agrícola e pecuária, salientada pela presença de polos das empresas de pesquisa EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais) e EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), referências nessa área de atuação (NOGUEIRA, 1999).

Como mencionado anteriormente, o município de Sete Lagoas apresentou nas últimas décadas um significativo crescimento populacional e urbano. A população passou de 45.149 habitantes em 1970 para 126.269 habitantes em 2010, e sua população foi estimada em 239.639 no ano de 2019 (IBGE, 2020). Nesse contexto, vale salientar que a maior parte desse contingente está em área urbana com 208.956 pessoas, e 5.196 pessoas residentes em área rural segundo o censo de 2010.

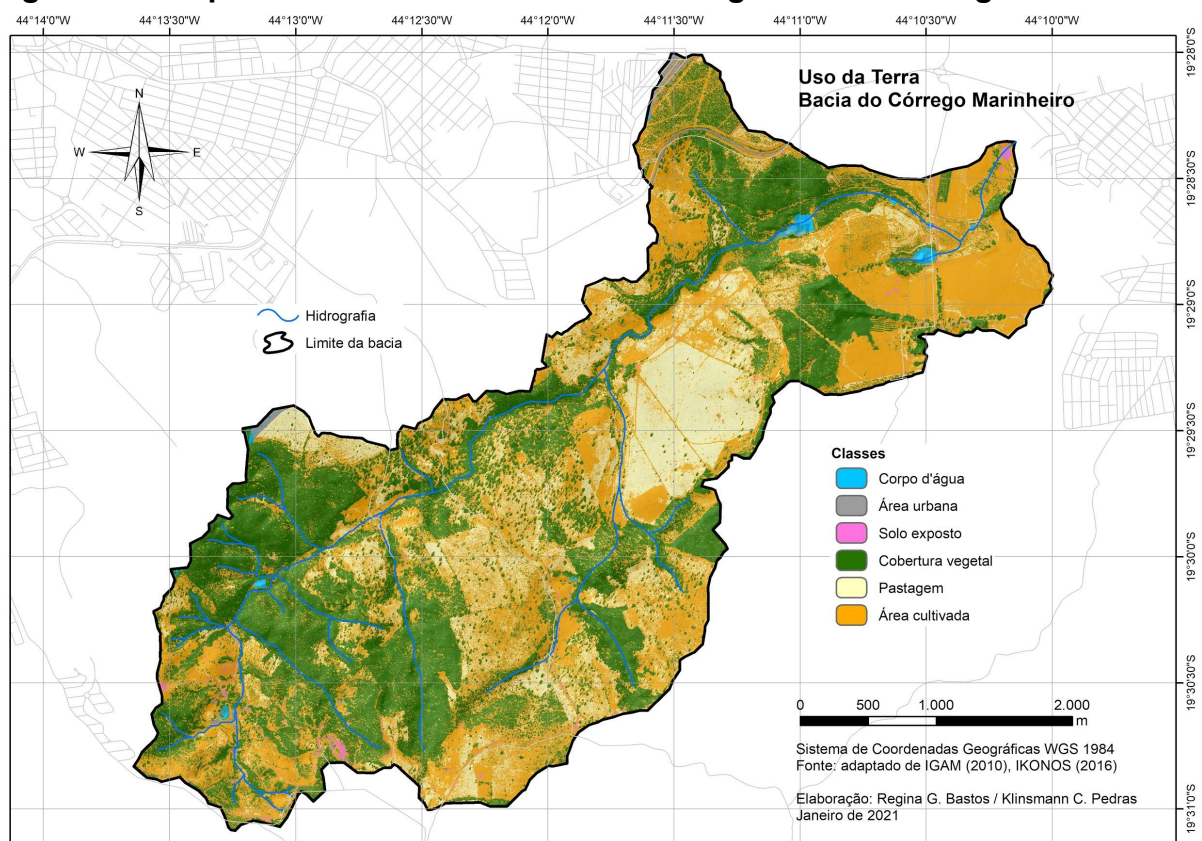
Frente ao exposto, Monteiro (2016) salienta a importância de Sete Lagoas para a região onde se insere, destacando que sua dinâmica econômica influencia também os municípios próximos. Este fator é destacado por Amorim Filho *et al* (2007) e Nogueira (1999) enquadrando a localidade como cidade média, haja vista, as suas dinâmicas econômicas e populacionais que lhe conferem inclusive uma certa autonomia regional.

Todo esse contexto histórico de ocupação ainda exhibe características marcantes em toda área de estudo. No processo de mapeamento do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica (Figura 13), é possível identificar a alguns

traços do processo de expansão do perímetro urbano da cidade, que de acordo com Santos (2016) segue do centro do município para nordeste, sudoeste e sudeste que é onde encontra-se a área de drenagem. Esse processo de ocupação também é evidente com a presença de estradas e da ferrovia que passa no terço inferior da bacia.

Predominantemente rural, na área existem diversas propriedades com áreas cultivadas, a exemplo da EMBRAPA na parte baixa da bacia, áreas de pastagem e também áreas com cobertura vegetal. O manejo inadequado do solo faz com que surjam regiões de solo exposto, principalmente nas áreas de cabeceira, onde os solos são mais jovens e por sua vez menos estruturados.

Figura 13 - Mapa de Uso da Terra da Bacia Hidrográfica do Córrego Marinheiro.



Fonte: Elaborado por Bastos e Pedras (2021).

Com uma extensão territorial de 14,8 Km², as águas da bacia hidrográfica são drenadas para o Córrego Marinheiro, afluente do Ribeirão Jequitibá que, por sua vez, é tributário do Rio das Velhas o qual deságua no Rio São Francisco.

Os recursos hídricos disponíveis na bacia são de grande relevância para todo o meio ambiente, incluindo a população humana, pois a região apresenta poucos cursos d'água superficiais e a rede hidrográfica da bacia é fonte de abastecimento humano para a população rural, irrigação (que inclui pequenos produtores e a EMBRAPA Milho e Sorgo), e dessedentação animal. Segundo Santos (2016), o córrego Marinheiro é um dos poucos canais superficiais ainda com qualidade adequada para abastecimento da população local. Ademais, a rede hidrográfica inserida na área apresenta grande importância ecológica, tendo em vista que auxilia na depuração das águas do Ribeirão Jequitibá, o qual recebe grande carga de poluentes ao longo de seu curso (Figura 14).

Figura 14 - Confluência do Córrego Marinheiro e Ribeirão Jequitibá.



Fonte: PEDRAS (2017).

Atualmente a gestão dos recursos hídricos tem se mostrado como um grande desafio na região, dado que praticamente todo o abastecimento dos municípios de Sete Lagoas e Prudente de Moraes é proveniente de águas subterrâneas (principalmente o abastecimento urbano), e a capacidade dos aquíferos tem sido comprometida pela redução da recarga, sobre-exploração, longos períodos de estiagem, remoção da cobertura vegetal e impermeabilização do solo (EVANGELISTA; SANTOS, 2016).

Inserida em uma área de transição, a bacia hidrográfica do córrego Marinheiro apresenta predominância do cerrado “campo sujo” (principalmente os subtipos campos e cerrado típico) e floresta semidecidual montana própria do bioma mata atlântica (SALIS; AMARAL, 2018). Segundo Branco (1961) *apud* Castro (2011), a vegetação de cerrado é típica em áreas onde se inserem o grupo Bambuí, e nesse mesmo contexto geológico, é possível identificar a presença de mata seca, principalmente no exocarste (afloramentos de calcário).

Na bacia e em áreas adjacentes, também existe uma espécie nativa da flora brasileira sob o risco de extinção, o Faveiro de Wilson - *Dimorphandra Wilsonii* (Figura 15), espécie do bioma mata atlântica. Atualmente, a região apresenta diversas áreas antropizadas, o que tem contribuído para a degradação de toda a flora nativa. As principais alterações são provenientes principalmente de atividades agrícolas, pastagens para criação de gado e a inserção da urbanização.

Figura 15 - Faveiro de Wilson - *Dimorphandra Wilsonii*.

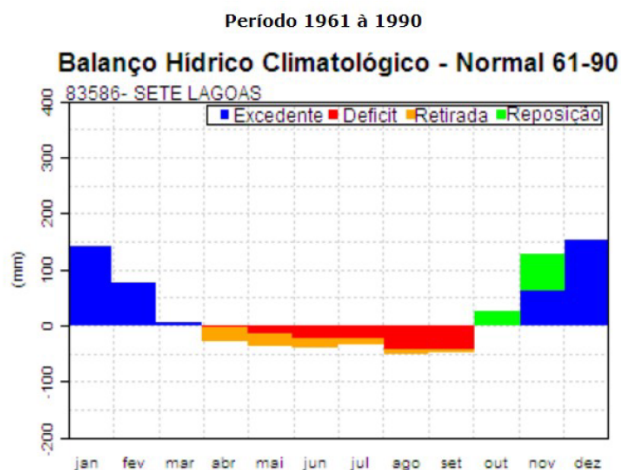


Fonte: PEDRAS (2017).

Segundo a classificação de Koppen, o clima da região é o tropical de altitude (Cwa), marcado por verões quentes e chuvosos e invernos secos. Os índices pluviométricos do município mostram que a estação chuvosa vai de outubro a março e a estiagem de maio a setembro (Figura 16). Ainda no que diz respeito à

precipitação, as chuvas não apresentam padrões de comportamento definidos e apesar de ter relação com elementos locais, mostra-se mais diretamente relacionada a controles atmosféricos de mesoescala, tais como, massas de ar, correntes oceânicas, dentre outros (MONTEIRO, 2016).

Figura 16 - Balanço Hídrico Climatológico do Município de Sete Lagoas - MG.



Fonte: INMET (2020).

Castro (2011), salienta que a média pluviométrica anual do município é de 1403 mm/ano, sendo que na estação seca a média é de 282 mm/ano e temperatura média de 18°C, na estação chuvosa, a média pluviométrica é de 1482 mm/ano e a temperatura média é de 21°C.

No entanto, o clima pode sofrer variações de acordo com as características do relevo, tipos de vegetação e uso e ocupação da terra (MONTEIRO, 2016). Neste contexto, Leão (2008) identificou variações climáticas dentro do próprio município de Sete Lagoas devido aos diferentes níveis de urbanização. Em sua pesquisa o autor destaca que a aglomeração urbana promoveu um maior acúmulo de energia solar, maiores temperaturas médias, limitações de circulação do ar devido às edificações, menores índices de umidade e destacou ainda a conformação de uma ilha de calor abrangendo esse tipo de ambiente.

Frente ao exposto, apesar da bacia hidrográfica do córrego Marinheiro não ser predominantemente urbanizada ela apresenta grande proximidade tanto com a mancha urbana de Sete Lagoas quanto com a de Prudente de Moraes, sendo necessário destacar que ao mesmo tempo que ela sofre com as alterações ao seu

redor, essa área predominantemente “verde” é de suma importância para o clima da região, devido principalmente a concentração vegetacional e proximidade com cursos d’água (MONTEIRO, 2016; LEÃO, 2008).

A área de estudo está inserida no Cráton do São Francisco, onde localmente identificamos o predomínio de litologias do tipo gnaiss do complexo Belo Horizonte (embasamento), siltitos e folhelhos na formação Santa Helena, e calcarenitos, calcissiltitos e micritos da formação Sete Lagoas (membros Pedro Leopoldo e Lagoa Santa) do grupo Bambuí (TULLER, 2009) (Tabela 1).

Tabela 1 - Unidades litoestratigráficas da área de estudo.

Unidades Cronoestratigráficas		Unidades litoestratigráficas	Litótipos/Litofácies	Relação de contato	Deformação/Metamorfismo	Ambiente	
Fanerozóico	Cenozóico	Quart. Qha	Aluviões recentes e terraços aluvionares	Disc.	---	continental	
		Ter. Tdl	Depósitos argilo-siltíticos de cobertura e cascalho fino	Disc.	---	continental	
PRÉ-CAMBRIANO	Proterozóico Superior	Grupo Bambuí - Super Grupo São Francisco	Formação serra de Santa Helena PSshh	Seqüência metapelítica, representada por metassiltitos e metargilitos, com estratificação plano paralela.	Passagem brusca. Contato actónico	Deformação progressiva e heterogênea, com deslocamento de baixo ângulo. Regime em condições ductil-ruptil a ductil. Dobras assimétricas. Baixo grau de Metamorfismo	Marinho (transgressivo). Epicontinental sub-litorânea
			Formação Sete Lagoas PSbs	Membro Lagoa Santa PSbsls	Seqüência carbonática representada predominantemente por calcarenitos e secundariamente por calcissiltitos e calciruditos. Os calcarenitos são calcários cinza escuro a negro, com abundante calcita, preenchendo vazios e fraturas.	Gradacional, às vezes indefinida	Deslocamento progressivo e heterogênea, com deslocamento de baixo ângulo. Regime predominante ductil-ruptil. Milonitização e bandeamento oriundos de ações tetônicas, localmente.
		Membro Pedro Leopoldo PSbspj	Seqüência carbonática representada predominantemente por calcissiltitos e subordinadamente por calcarenitos e margas. Os calcissiltitos são calcários impuros, às vezes, dolomíticos, coloração cinza, com intercalações escuras.	Discordante (angular)	Idem membro Lagoa Santa, com maior efeito de ações tetônicas sobre os calcários impuros. Dobras assimétricas e micro-falhas.	Marinho (transgressivo) Altos estruturais e bordos de bacia	
Arqueano		Complexo Gnáissico Migmatítico Indiferenciado Agn-gr	As rochas são representadas por gnaisses, granitóides e migmatitos.	---	Deformação polifásica, gnaissificação, migmatização e granitização. Metamorfismo grau médio, com alterações hidrotermais	---	

Fonte: IBAMA e CPRM (1998).




O complexo Gnáissico-Migmatítico Indiferenciado - Agn (complexo Belo Horizonte), compreende a um grupo de litologias diversas. As rochas gnáissicas, granitóides e migmatíticas deste complexo metamórfico correspondem ao substrato mais antigo e que serviu de base para a deposição das supracrustais e conseqüentemente para a formação do grupo Bambuí (encontram-se em contato brusco e discordante). Com contatos geralmente transicionais as litologias desse

complexo normalmente encontram-se intemperizadas mas costumam conservar a estrutura original da rocha. Apesar das incertezas, muitos autores acreditam que as formações deste complexo estão entre 2000 a 500 M.a. (IBAMA e CPRM, 1998).

Na área de estudo o Grupo Bambuí apresenta calcarenitos finos a médios, cinza escuros a pretos, laminados a maciços com níveis de siltitos; calcilutitos e calcissiltitos cinza claros, esverdeados.

No âmbito do Projeto Vida que inclui o município de Sete Lagoas e municípios vizinhos, foi estabelecido um modelo para a sedimentação das sequências que compõem o grupo Bambuí, na área, compreendendo sequências transgressivas e regressivas, representadas por três ciclos, a saber: um ciclo transgressivo inferior correspondendo ao Membro Pedro Leopoldo; um ciclo regressivo intermediário que corresponde ao membro Lagoa Santa; e, um ciclo transgressivo superior correspondendo à Formação Serra Santa Helena. Esses ciclos refletem a sequência litoestratigráfica da área (CPRM, 2003 *apud* CASTRO, 2011).

Tabela 2 - Coluna estratigráfica da geologia da área de estudo.

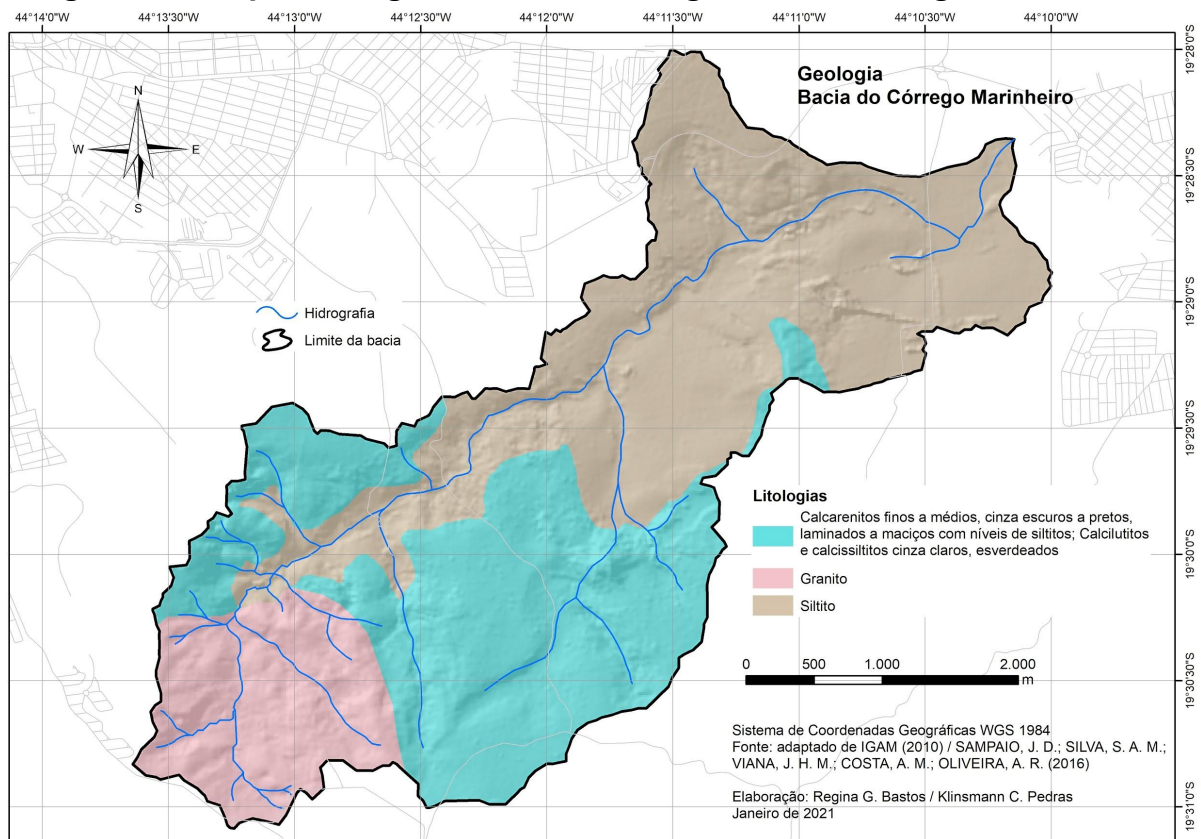
Super-grupo	Grupo	Unidades Litoestratigráficas	Coluna	Litologia	Ambiente deposicional
		Quaternário		Aluviões com areias de granulometria variada e cascalhos. Terraços aluvionares.	Continental
		Terciário		Depósitos argilo-silticos de cobertura. Depósitos argilosos em cavidades cársticas.	
São Francisco	Bambuí	Formação Serra Santa Helena		Metapelitos em camadas tabulares de espessura média a espessa, de cor cinza-esverdeado a preta. Apresentando marcas onduladas suaves, estruturas de carga e estratificação cruzada, se são. Intercalados por camadas tabulares de metassiltitos calcíferos, de espessura delgada a média e de cor esverdeada a acinzentada.	Marinho (transgressivo) Afogamento plataformar
		Formação Sete Lagoas	Membro Lagoa Santa	Metacalcissiltitos em camadas tabulares de espessura delgada a média, coloração de cinza claro azulado a esverdeado, com intercalações, de camadas muito finas a delgadas, de metargilitos Laminitos algálicos.	Marinho (regressivo), plataforma externa para plataforma rasa.
		Membro Pedro Leopoldo	Metacalcarenitos, finos a grosseiros, em camadas tabulares de espessura média a espessa, coloração de preto a cinza.	Marinho (transgressivo) No topo, marinho raso, borda de plataforma.	
		Complexo Gnáissico-Migmatítico (Embasamento cristalino)		Gnáisses indiferenciados, migmatitos com estruturas dobradas, nebulíticos, dictioníticos, schüiren, estiolíticos e surreíticos. Porções graníticas com granulação média a grosseira.	

Fonte: CPRM (1994) *apud* CASTRO (2011) .

A geologia interage diretamente na configuração e dinâmica da área de drenagem. Ao analisarmos a espacialização geológica da bacia hidrográfica do córrego Marinheiro (Figura 17) é possível verificar que as áreas onde se inserem as

rochas do complexo Belo Horizonte correspondem às porções mais elevadas, o que pode ser justificado pela resistência aos processos de desgaste da superfície - agentes exógenos, mesmo sendo uma litologia exumada (embasamento). No terço médio da bacia, existe o predomínio de calcários, evidentes em morfologias do exocarste onde porções dessas elevações são de afloramentos. Inseridos ao longo de todo o vale do canal principal encontram-se siltitos, que seguem pelas áreas mais rebaixadas do relevo até ocupar toda a parte baixa da bacia.

Figura 17 - Mapa Geológico da Bacia Hidrográfica do Córrego Marinheiro.

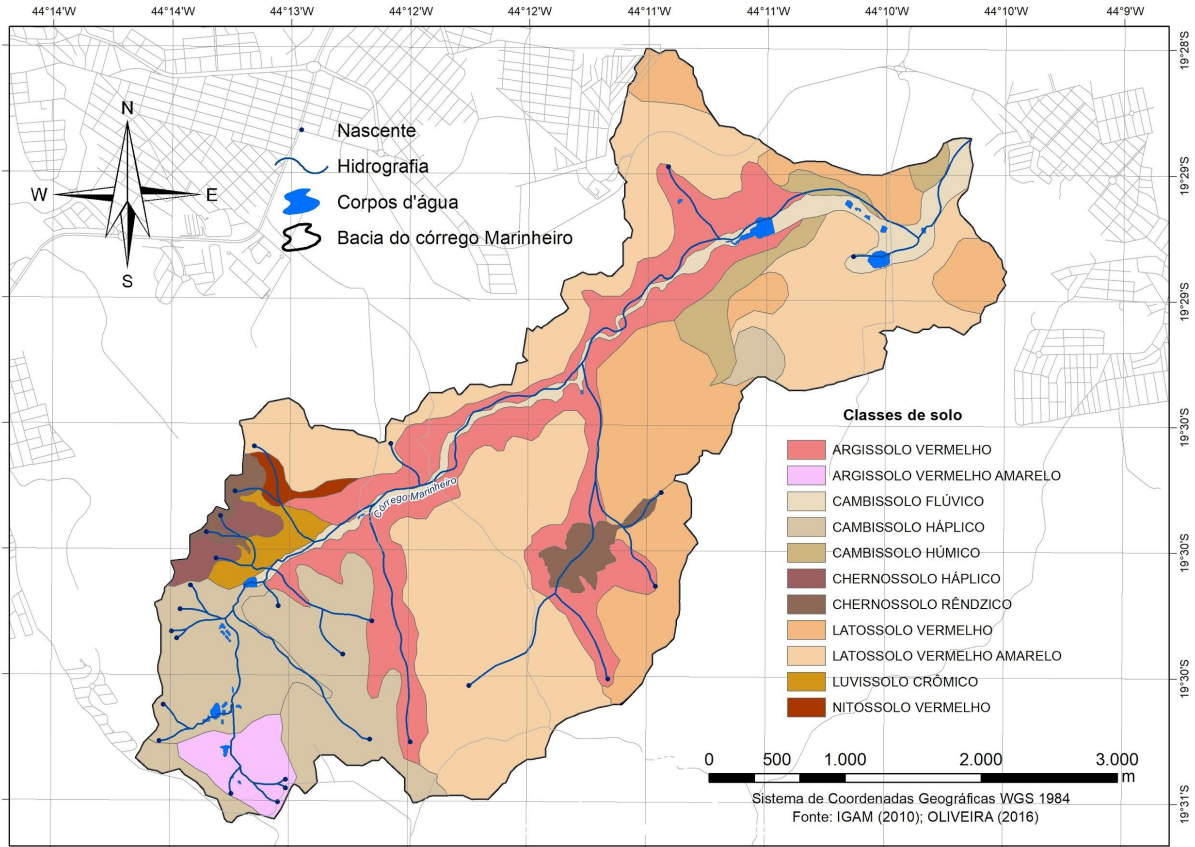


Fonte: . Elaborado por Bastos e Pedras (2021).

Como descrito até o momento, a área de estudo apresenta grande diversidade ambiental, o que também pode ser constatado em termos pedológicos. Segundo Oliveira (2016) a bacia hidrográfica do Córrego Marinheiro apresenta oito classes e 19 subordens de solos (Figura 18), sendo elas: Neossolos, Cambissolos, Chernossolos, Luvisolos, Gleissolos, Nitossolos, Argissolos e Latossolos. Ainda

segundo a mesma autora, essa grande variedade pedológica se justifica devido a diversidade geomorfológica, fitofisionômica e litológica inserida na bacia.

Figura 18 - Mapa Pedológico da Bacia Hidrográfica do Córrego Marinheiro.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

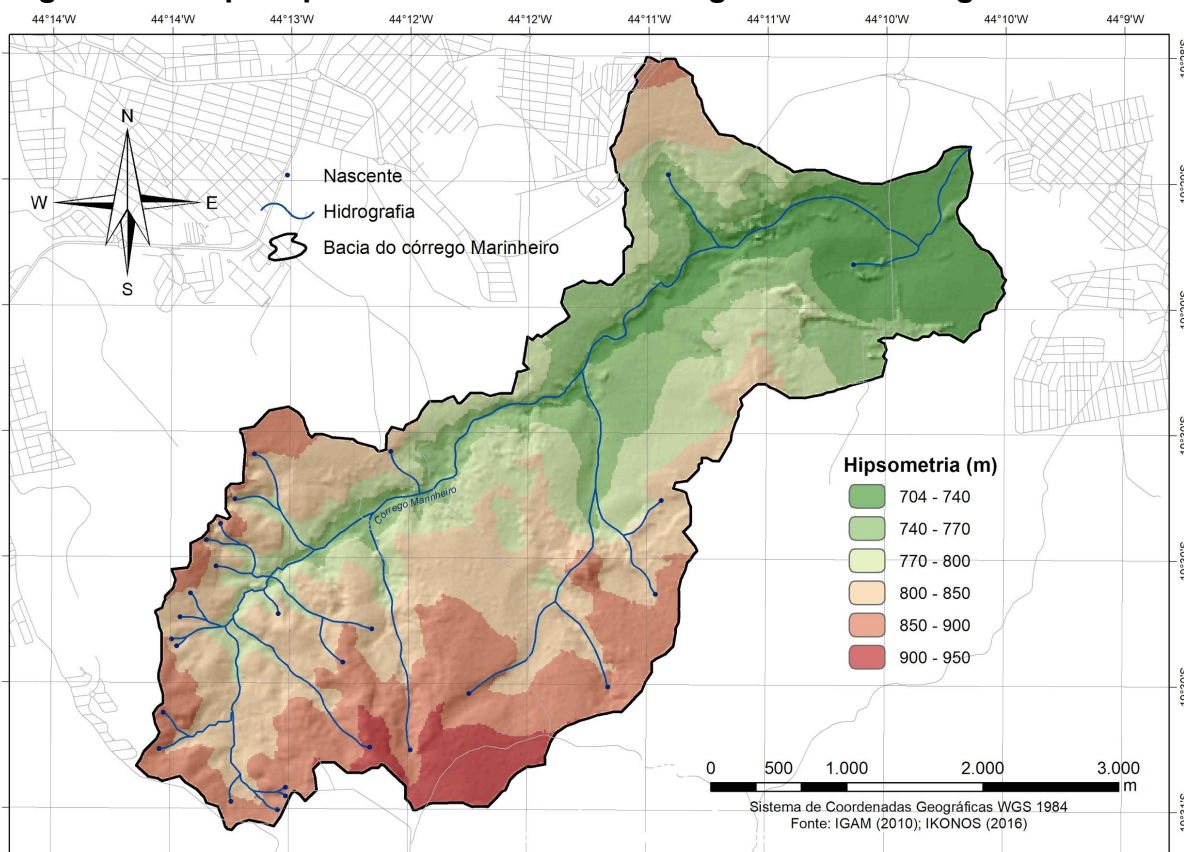
Assim como a geologia, o entendimento pedológico da região é de suma importância para esta pesquisa, uma vez que a área apresenta desde solos mais evoluídos como Latossolos e Argissolos, jovens como os neossolos, e bem drenados a hidromórficos. Neste contexto, devemos considerar que cada classe de solo apresenta um um nível de resistência aos processos de retirada de material particulado, que pode ser transportado e posteriormente acarretar em impactos físicos à rede hidrográfica.

Inserida na depressão São Franciscana, a região da área de estudo é caracterizada por dois padrões geomorfológicos, o primeiro, inserido no complexo Belo Horizonte, onde o relevo é mais movimentado e apresentam as maiores cotas altimétricas, e o segundo, identificado onde se inserem as rochas do grupo Bambuí, em que o relevo é mais suavizado e há feições do endocarste e do exocarste.

“dominam as rochas do complexo cristalino, em que predominam rochas de composição granítica. O relevo é constituído por colinas convexas, às vezes mais íngremes e com cristas mais acentuadas, possivelmente associadas a diques de rochas básicas. [...] são frequentes as feições típicas das paisagens cársticas, com dolinas, grutas e afloramentos de rochas carbonáticas, com aspectos ruiniformes. Trata-se de uma área onde predominam as sequências pelito-carbonáticas do grupo Bambuí. A porção nordeste, é dominada por rochas pelíticas do mesmo grupo, onde se observa um relevo de colinas convexas [...]. Sobre as rochas carbonáticas e pelíticas do Grupo Bambuí, ocorrem discordantemente depósitos detríticos recentes [...]. Esse material é encontrado nas planícies de inundação, nas proximidades dos ribeirões ativos, e às vezes aparece em partes mais elevadas, talvez como testemunho de algum processo mais antigo. [...]. Nas calhas dos ribeirões são encontrados sedimentos detrítico-aluviais, que constituem as planícies fluviais(CASTRO, 2011).

Nos índices altimétricos (Figura 19) é possível encontrar na área de estudo cotas que variam de 704 m a 950 m de altitude. As maiores altimetrias encontram-se principalmente na parte sul da área de estudo, onde estão inseridas grande parte das cabeceiras de drenagem, sendo que os divisores hidrográficos inseridos ao longo das duas margens também apresentam elevados índices. As porções mais baixas estão longitudinalmente distribuídas na bacia, acompanhando sobretudo as zonas de canal. Já em seu exutório os menores índices altimétricos abrangem uma maior área da bacia, que se configura como uma extensa área deprimida (uma uvala), até a confluência com o ribeirão Jequitibá.

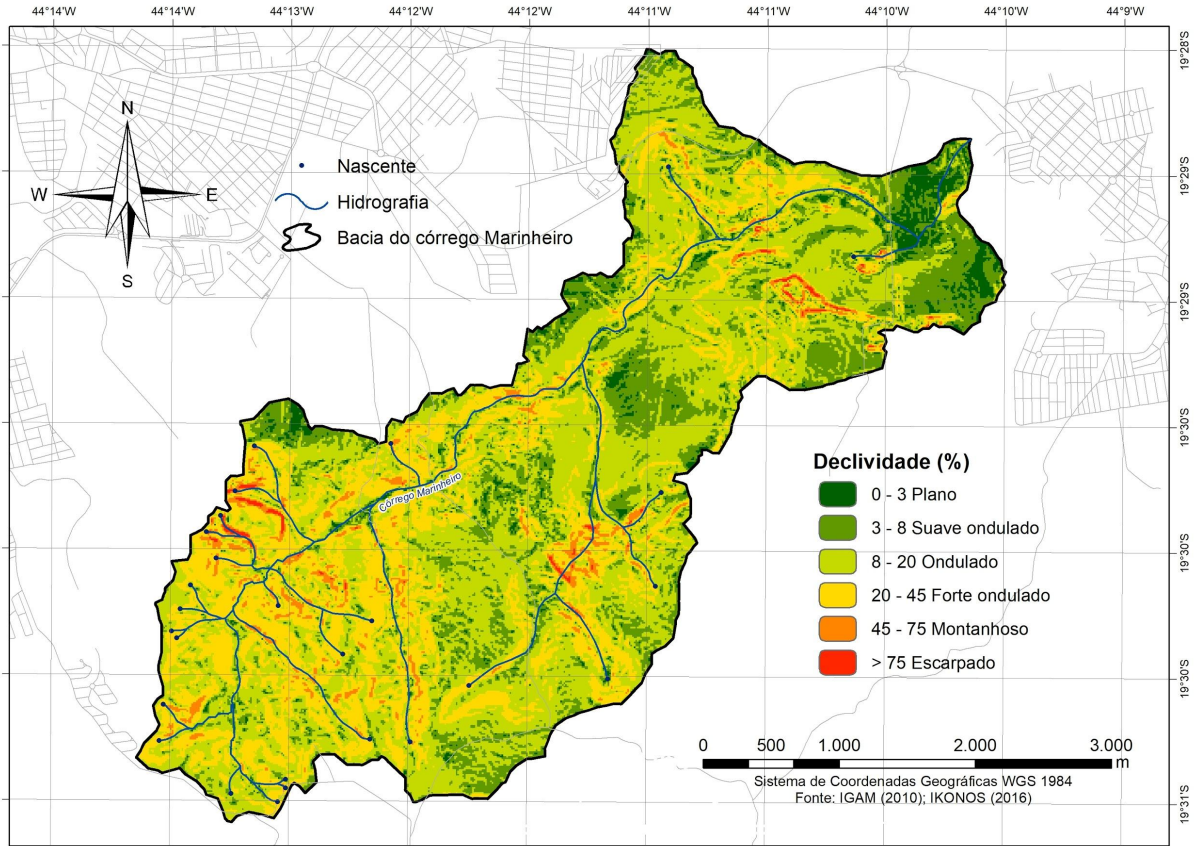
Figura 19 - Mapa Hipsométrico da Bacia Hidrográfica do Córrego Marinheiro.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A declividade na área, varia de 0 a maior que 75% (EMBRAPA, 1979). As porções mais suavizadas (0 - 20%) correspondem ao relevo plano, suave ondulado e ondulado e estão localizadas sobretudo na média e baixa bacia, onde as vertentes são alongadas e os vales mais abertos, com exceção das áreas onde se inserem os mogotes. Por sua vez, os declives mais acentuados (> 20 %) são identificados como forte ondulado, montanhoso e escarpado e estão inseridos majoritariamente na alta bacia. Nessa área concentram-se morros e colinas, onde o relevo é mais dissecado e as vertentes são mais curtas e declivosas (Figura 20).

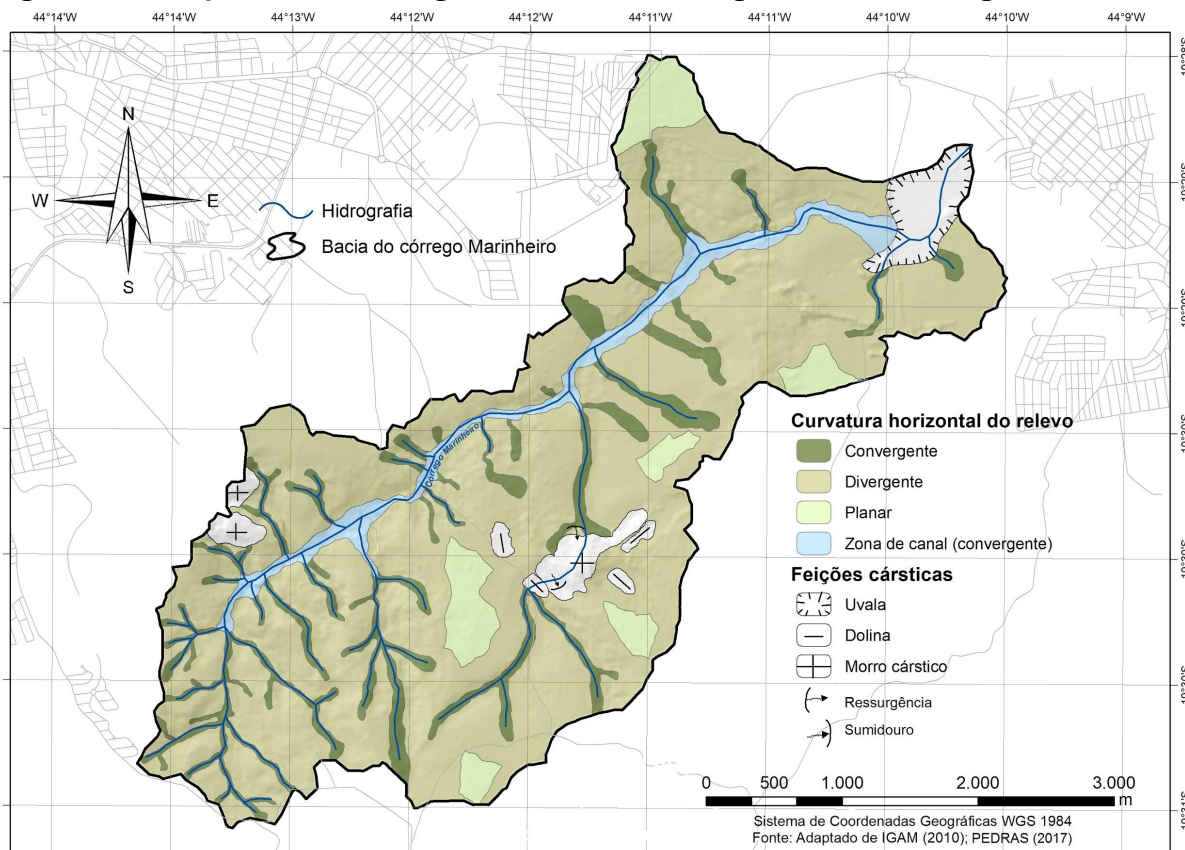
Figura 20 - Mapa de Declividade da Bacia Hidrográfica do Córrego Marinheiro.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A partir do mapa geomorfológico da área de drenagem (Figura 21) é possível analisar a espacialização das vertentes planares, divergentes e convergentes, além das feições cársticas, tais como, mogotes, dolinas, uvala, sumidouro e ressurgência (Tabela 3).

Figura 21 - Mapa Geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Córrego Marinheiro.

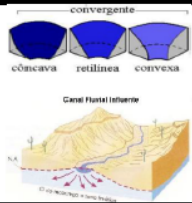
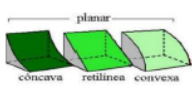
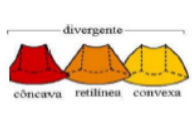
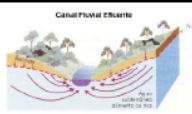


Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Inserida nas porções mais rebaixadas do relevo está a zona de canal, que corresponde a área preferencial para recebimento de água e sedimento proveniente de toda a área de drenagem, a zona de canal equivale a 5% do território da bacia hidrográfica. As vertentes convergentes são superfícies alongadas que concentram os fluxos (de materiais e águas) e que se conectam com a zona de canal, essas áreas correspondem a 11% da área de estudo. Em maior proporção as rampas com curvatura horizontal divergente ocupam 73% do território, essas vertentes são fontes alimentadoras às demais áreas que têm contato. Os zoneamentos com segmentos planares têm representatividade de apenas 6% e são identificados preferencialmente em regiões periféricas da bacia, essas vertentes estão em contato direto com as fontes dispersoras. Assim, é possível dizer que esse padrão de vertente é fonte alimentadora para as curvaturas divergentes que posteriormente seguirão para os fundos de vale. O relevo cárstico, se expõe em pouco mais de 5% da área estudada através do exocarste. Apesar dessa pouca representatividade na

área total, deve-se destacar a presença do mesmo, uma vez que os ambientes cársticos apresentam dinâmica singular.

Tabela 3 - Enquadramento Ambiental das Morfologias.

Morfometria das vertentes	Área (km ² ; %)	Modelo de Fluxo	Dinâmica Hidrológica	Potencialidade	Limitação
Curvatura Horizontal	Convergente	1,7 – 11% 	Concentradora do escoamento superficial pluvial. Infiltração e alimentação do nível freático (nos canais influentes).	*Ligação com a rede hidrográfica. *Convergências em canais influentes correspondem a zonas preferenciais para recarga do nível freático. *Principal zona de exfiltração com direta na rede hidrográfica. *Áreas preferenciais para proteção física dos cursos d'água.	*Fragilidade aos processos erosivos (concentração de água causa a retirada de partículas e transferência para os canais) *Susceptibilidade ao assoreamento da área e demais porções a jusante.
	Planar	0,89 – 6% 	Transferência do escoamento superficial pluvial (ausência de concentração ou dispersão do fluxo).	*Estável aos processos erosivos. *Eleva o tempo de permanência no sistema vertente. *Elevado potencial de recarga.	*Áreas pontuais na bacia. *Manejo delicado uma vez que qualquer intervenção da morfologia da vertente pode acarretar na alteração da dinâmica pluvial em superfície.
	Divergente	10,77 – 73% 	Dispersão do escoamento superficial pluvial.	*Zonas preferenciais para recarga. *Maior representatividade na bacia, o que favorece um maior tempo de permanência da água em toda área de drenagem. *Quando inseridas em relevo suave são estáveis aos processos erosivos.	*Alta concentração no primeiro geoambiente com vertentes curtas e altas declividades (susceptíveis aos processos erosivos e com baixo tempo para o processo de infiltração).
Zona de canal	0,7 – 5% 	Exfiltração (nos canais efluentes).	*Áreas planas. *Proximidade com cursos d'água permanente. *Preferencial para proteção física do canal principal. *Zona de exfiltração.	*Sujeito a inundações. *Área susceptível a processos erosivos (pluvial/fluvial) *Zona de deposição de sedimentos fluviais e das áreas adjacentes.	

Fonte: PEDRAS (2017).

Ao analisar a configuração geomorfológica total da área de estudo é visível que a rede hidrográfica se distribui de forma desigual pela área de drenagem, caracterizando a bacia como assimétrica, podendo ser dividida em dois compartimentos geomorfológicos, de modo que apresenta a sul um relevo bastante movimentado, onde se encontra grande parte das nascentes e tributários do Córrego Marinheiro. Esta área apresenta domínio de morros e colinas com os maiores índices de declividade e altimetria da bacia. O segundo compartimento apresenta relevo mais suavizado com vales mais abertos, vertentes alongadas e diversas feições cársticas. O canal principal, que corre perpendicularmente na área de drenagem, segue descentralizado, tornando as vertentes do vale principal bastante desigual em termos de comprimento, declividade e quantidade de tributários.

4 - PROCEDIMENTO METODOLÓGICO DA PESQUISA

O procedimento metodológico adotado nesta pesquisa se dividem em 4 etapas, sendo elas: (I) Levantamento bibliográfico, aquisição das bases cartográficas e elaboração dos mapas temáticos da área de estudo; (II) Pré - campo e Campanhas de campo com aplicação do PAR; (III) Elaboração da compartimentação e espacialização dos potenciais morfogenéticos e (IV) Análise integrada dos resultados. As etapas mencionadas anteriormente apresentam-se descritas a seguir.

4.1 - Levantamento Bibliográfico, Aquisição das Bases Cartográficas e Elaboração dos Mapas Preliminares.

A pesquisa teve como ponto de partida a busca por referenciais sobre a temática e a área de estudo. O levantamento buscou abranger toda a dinâmica morfogenética oriunda de processos exógenos que se inserem em bacias hidrográficas, bem como dar suporte para a análise da susceptibilidade que os múltiplos elementos - naturais e antrópicos - apresentam frente à morfogênese e como as áreas de preservação permanente de curso d'água inseridas nessa dinâmica atuam na proteção física da rede hidrográfica. A busca e suporte dos referenciais teve continuidade durante todo o processo de pesquisa.

As bases dos mapas de localização, pedológico, geomorfológico, geológico, declividade e hipsometria foram adquiridas por meio do projeto de pesquisa “Recursos Hídricos na Bacia do Córrego Marinheiro, Sete Lagoas, MG: gestão do uso da terra, qualidade da água e disponibilidade para sistemas irrigados”, financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG em parceria com a UFMG, realizado de 2014 a 2017.

Para elaboração dos mapas de declividade e hipsometria foi utilizado o MDE - Modelo Digital de Elevação, proveniente da imagem de satélite IKONOS (2016) que possui resolução espacial de 1m. O mapa de declividade foi feito considerando as classes propostas pela EMBRAPA (1979). As bases pedológicas de Oliveira

(2016), as geomorfológicas de Pedras (2017) e as geológicas de Sampaio *et al* (2016) estão em escala de detalhe de 1:20.000.

Para a elaboração do mapa de uso e cobertura da terra, foram considerados estudos previamente realizados, em que continham informações relevantes sobre a área, a percepção de campo, e o processamento de arquivo digital. A imagem utilizada foi do satélite IKONOS (2016), quatro bandas, em composição natural. Foi realizado o método de Classificação supervisionada, colhendo 10 amostras de cada classe escolhida para compor o mapa, sendo elas: área cultivada, área urbana, cobertura vegetal, corpo d'água, pastagem e solo exposto.

O resultado obtido através da classificação supervisionada foi satisfatório, não sendo necessária a aplicação de filtros de correção, visto a qualidade da imagem e a precisão de dados resultantes das amostras.

Para a delimitação das áreas de preservação permanente de cursos d'água foram consideradas as diretrizes do novo código florestal, LEI 12.651/12.

Os limites político-administrativos do Brasil, Minas Gerais e do município de Sete Lagoas foram obtidos junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2010). Para as vias de acesso utilizou-se as bases do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT (2016). Todos os dados foram manipulados no *software* ArcGis© 10.3.

4.2 - Pré - campo e Campanhas de Campo

A segunda fase desta pesquisa teve por intuito utilizar a documentação descrita acima (referenciais bibliográficos, caracterização da área e mapas da área de estudo) para seleção dos pontos de aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida de Rios - PAR (ANEXOS II e III) de Callisto *et al.* (2002) e conseqüentemente contribuir para a elaboração do mapa de potencial morfogenético elaborado com base em uma adaptação da metodologia de Tricart (1977).

Frente ao exposto, as áreas percorridas em campo foram selecionadas visando contemplar pontos de análise do curso d'água em seu alto, médio e baixo curso e também percorrem a maior diversidade de paisagens possível, considerando

a facilidade de acesso. Os trabalhos de campo foram realizados em setembro de 2020 (estação seca) e janeiro de 2021 (estação chuvosa). As visitas em duas campanhas tiveram como objetivo analisar o comportamento da área de estudo sob diferentes índices pluviométricos e conseqüentemente examinar as proximidades do rio sob diferentes níveis de vazão.

Para a realização das campanhas de campo foram utilizados os mapas da área de drenagem, protocolos de avaliação rápida de rios, GPS (GPSMAP 64S - GARMIN), câmera fotográfica, enxada e fita métrica.

Em campo, os primeiros trechos percorridos foram as áreas de cabeceira (alto curso) e o primeiro ponto de aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida de Rios - PAR foi na fazenda paredão, a visita à propriedade foi previamente autorizada pelo Sr. Alberto Tiburcio Filho, um dos proprietários do imóvel. Em seqüência, o deslocamento foi feito em direção ao médio curso, por meio de estradas de terra dentro da bacia e o acesso ao córrego se deu por meio de uma ponte em via pública. Posteriormente, a movimentação se deu em direção a MG - 424 que dá acesso a EMBRAPA proprietária de trecho da bacia, no baixo curso, o protocolo foi aplicado em dois pontos, a jusante de um barramento e nas proximidades de uma ferrovia.

4.3 - Elaboração da Compartimentação e Espacialização dos potenciais morfogênicos.

A metodologia utilizada para a análise, compartimentação e espacialização dos potenciais morfogênicos da bacia hidrográfica do córrego Marinheiro consistem em uma adaptação da proposta da Ecodinâmica de Tricart (1977). A escolha da metodologia de base se justifica pois o trabalho busca subsidiar análises sistêmicas, que por sua vez permite estudar as relações mútuas entre os diversos componentes da dinâmica e dos fluxos de energia/matéria do meio ambiente. Consoante, o autor destaca em sua metodologia a importância da morfogênese como o fator mais importante da superfície terrestre, uma vez que os processos

morfogenéticos propiciam diversos níveis de instabilidade, o que afetará toda a teia de relações com os demais elementos do meio.

Para elaboração do mapa de potencial morfogenético as variáveis selecionadas foram:

- Geologia em que consideramos os tipos de litologia;
- Geomorfologia que englobou declividade, altimetria e morfologias;
- Pedologia em que considerou-se as classes de solo;
- Uso e ocupação da terra.

Tendo em vista que a área de estudo é proporcionalmente pequena (14,8 Km²) e a ação do clima é considerada relativamente homogênea em toda a bacia de drenagem, as variáveis climáticas descritas por Tricart (1977) no nível da atmosfera, não entraram na álgebra de mapas, somente na análise integrada dos resultados.

Para a confecção do mapa de potencial morfogenético, cada uma das seis classes mencionadas - litologias, declividade, altimetria, morfologias, solos e uso e ocupação - receberam uma nota. Os pesos foram atribuídos numa escala de 1 a 5, considerando 1 como muito baixo potencial morfogenético, a 5 como muito alto potencial morfogenético (Tabela 4). A determinação dos pesos considerou que todas as variáveis interferem na morfogênese, no entanto, cada uma interage com esse fenômeno e com as demais variáveis de forma distinta se analisarmos o contexto temporal e a própria gênese e evolução de cada classe e subclasse.

Diferentemente da metodologia de Tricart (1977) em que buscou-se identificar três grandes tipos de meios morfodinâmicos - os meios estáveis, meios intergrades e meios fortemente instáveis - nesta pesquisa a diferenciação foi feita buscando identificar cinco níveis de potencial morfogenéticos, sendo eles: muito alto, alto, médio, baixo e muito baixo. A adequação foi uma tentativa de identificar áreas de transição entre os níveis sugeridos pelo autor e buscar desenvolver assim um diagnóstico mais acurado.

Tabela 4 - Variáveis utilizadas na álgebra de mapas e suas respectivas notas.

Classe	Peso
Declividade	5
Altitudes	2
Morfologias	4
Litologias	1
Solos	3,5
Uso e ocupação	3

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Diante dos apontamentos, a classe que recebeu o maior peso foi a declividade, isso se justifica pois de acordo com IBGE (2009) esse atributo é um das características ambientais que mais interferem na susceptibilidade aos processos erosivos e movimentos de massa, é um fator limitante no uso e ocupação, e segundo Tricart (1977), Penteado (1983), Christofolletti (1980), Lepsch (2011) e Crepani *et al* (2001) é um atributo que interfere no potencial de transporte de sedimentos e conseqüentemente relaciona-se diretamente com as taxas de pedogênese e morfogênese.

Em seqüência, com peso 4, as morfologias correspondem à segunda classe de maior importância. A atribuição dessa nota é fundamentada na concepção de que as múltiplas morfologias condicionam o próprio processo de evolução e também guardam relação direta com os fluxos de água e sedimentos pela superfície terrestre (CHRISTOFOLETTI, 1980; COELHO NETTO, 1994; AFONSO e SILVA, s/d; VALADÃO, 2010)

Os solos receberam o peso de 3,5, isso se deve ao fato de que eles refletem um equilíbrio frágil entre relevo, clima e vegetação (PENTEADO, 1983). Para a atribuição desse peso também foi levado em consideração a cobertura pedológica que é resultante dos processos morfogenéticos exógenos e que ao mesmo tempo eles possuem diferentes níveis de resistência a esses mesmos processos, interferindo na evolução do relevo.

Por sua vez, o uso e ocupação recebeu peso 3. A inserção dessa classe e a atribuição de sua nota se justificam devido às atividades antrópicas assim como os

múltiplos usos e ocupações corresponderem a fatores que contribuem para intensificar ou conter a morfogênese (IBGE, 2009). No entanto, como é destacado por Costa *et al* (2017) e Ross (1993), deve-se considerar ainda o planejamento e o tipo de manejo que é aplicado a cada área, uma vez que esses fatores podem contribuir para a estabilidade ou instabilidade do meio.

A altimetria recebeu peso 2. Isso se justifica pois apesar dela corresponder a um atributo geomorfológico e representar os diferentes níveis de dissecação do relevo, essa classe condiciona principalmente o potencial de transporte e deposição e não o de retirada de materiais.

Com a menor nota, a litologia recebeu peso 2. Essa nota foi atribuída considerando que essa classe é constituída por materiais (rochas) que por sua vez são resistentes aos processos exógenos de evolução do relevo e suas alterações ocorrem em uma escala de tempo mais lenta se comparada aos demais componentes.

A atribuição dos pesos para cada subclasse foi definida a partir do nível de influência dos meios aos principais processos morfogenéticos exógenos (intemperismo, erosão, movimentos de massa e denudação). Neste sentido, foram atribuídas notas para cada variável seguindo a mesma lógica de pesos das classes, que variam de 1 a 5, sendo que quanto menor o peso mais estáveis serão as categorias, sobrepondo assim, os processos de pedogênese em relação à morfogênese e quanto maiores forem os valores mais instáveis e suscetíveis aos processos morfogenéticos serão esses elementos.

Para as classes de declividade (Tabela 5) os pesos foram atribuídos considerando sua relação com o potencial que cada categoria de inclinação tem em acelerar ou retardar o avanço dos agentes exógenos no processo de esculturação do relevo. Neste contexto, Crepani *et al* (2001), Ross (1993), Costa *et al* (2017) e Tricart (1977) destacam em suas metodologias de análise espacial que quanto menores os índices de dissecação/declividade do relevo menores serão os potenciais morfogenéticos, assim como quanto maiores os valores dos declives, as taxas de morfogênese também tendem a aumentar. Deste modo, os pesos foram destinados em ordem crescente de 1 a 5, sendo que quanto menor o valor maior a estabilidade, favorecendo assim os processos de pedogênese frente à morfogênese.

Frente ao exposto, Crepani *et al* (2001) destacam que essa configuração de estabilidade e instabilidade conforme o grau de declividade se justifica, pois o grau de inclinação guarda relação direta com a transformação da energia potencial em energia cinética e, portanto, com o potencial de transporte de sedimentos pelo relevo.

Tabela 5 - Classes de declividade e suas respectivas notas.

Classe	Subclasse	Peso
Declividades	0-3 % (Plano)	1
	3-8 % (Suave ondulado)	1,5
	8-20 % (Ondulado)	2
	20-45 % (Forte ondulado)	3
	45-75 % (Montanhoso)	4
	>75 % (Escarpado)	5

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Ainda em relação a declividade, cabe destacar que apesar de nenhuma das metodologias abarcar declives negativos e na área de estudo também não conter esse tipo de inclinação, em ambientes com tais características, esses são de suma importância para a evolução do modelado terrestre, pois apesar de não serem áreas passíveis de pedogênese, são fonte de detritos para os arredores e conseqüentemente constituem distintos potenciais morfogenéticos.

Outra variável considerada neste trabalho é a altimetria, parâmetro de suma importância pois segundo Crepani (2001) é um atributo que se relaciona com o aprofundamento da dissecação do relevo. Neste contexto, os pesos atribuídos para as classes altimétricas foram estipulados de forma crescente do menos elevado para as maiores cotas (Tabela 6). A atribuição dessas notas foram definidas considerando que de acordo com Coelho Netto (1994) no processo de evolução do relevo os sedimentos tendem a ser transportados para as porções mais baixas do terreno, tornando assim, as porções mais elevadas as com maior potencial morfogenético.

Tabela 6 - Classes de hipsométricas e suas respectivas notas.

Classe	Subclasse	Peso
Altitudes	704 - 740 m	1
	740 - 770 m	1,5
	770 - 800 m	2
	800 - 850 m	3
	850 - 900 m	4
	900 - 950 m	5

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Consoante, vale destacar que o transporte de detritos pela superfície também pode acarretar em mudanças nas morfologias a jusante, contudo para atribuição dos pesos considerou-se nesse caso o ponto inicial da morfogênese como o eixo de maior intensidade e os pontos de distribuição dos sedimentos a jusante como áreas gradativas de menor interferência.

Outro parâmetro geomorfológico analisado na álgebra de mapas desta pesquisa são as morfologias inseridas na área de estudo. Atributo que se justifica pois a forma do relevo é um dos principais traços que interferem na dinâmica de comportamento das águas pluviais e sedimentos pela superfície (CHRISTOFOLETTI, 1980). A atribuição dos pesos das formas do relevo foi definida considerando o potencial que cada morfologia tem no processo de pedogênese, mas também considerando como cada forma interfere no próprio processo de evolução.

Os pesos das formas foram atribuídos em ordem crescente, sendo que os menores valores correspondem às feições mais estáveis e, conseqüentemente os maiores valores as morfologias instáveis ou mais susceptíveis a morfogênese (Tabela 7).

Tabela 7 - Classes morfológicas e suas respectivas notas.

Classe	Subclasse	Peso
	Vertente planar	1
	Vertente divergente	3
	Vertente convergente	4
Morfologias	Zona de canal	3,5
	Dolina	2,5
	Uvala	2
	Mogote	5

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Considerada a morfologia de maior estabilidade, a vertente planar recebeu peso 1, pois segundo Afonso e Silva (s/d) essas áreas apresentam pouca tendência de concentração ou dispersão dos fluxos em superfície, ou seja, essas vertentes possuem como tendência a transferência das águas e sedimentos, favorecendo também a infiltração das chuvas, o que a torna menos suscetível à morfogênese pluvial.

Com peso 2, a uvala também foi considerada como uma das morfologias mais estáveis. Isso se justifica pois de acordo com IBGE (2009) essa fisionomia corresponde a depressões irregulares, formadas a partir da coalescência de uma ou mais dolinas, ou a partir de um sistema de fraturas do substrato rochoso. Ainda segundo o IBGE, as uvalas assim como as dolinas tem sua ocorrência em áreas de rochas carbonáticas submetidas a processos morfogenéticos úmidos atuais ou pretéritos. Frente ao exposto, o peso dessa subclasse é fundamentado pelo fato de que apesar das uvalas serem provenientes de fenômenos de instabilidade como intemperismo e movimentos de massa, atualmente ela é uma área de relevo suavizado com predomínio de fenômenos que proporcionam a pedogênese.

Depressões fechadas de forma circular, semicirculares ou alongadas, as dolinas são formadas por processos de abatimento ou dissolução das rochas carbonáticas (MAGALHÃES JÚNIOR, 2009; IBGE, 2009). Nesse contexto, a subclasse das dolinas recebeu o peso de 2,5 pois a tendência é que como pequenas áreas deprimidas essas morfologias têm a tendência de receber e não de fornecer

sedimentos para as áreas ao redor, fator que contribui para o avanço da pedogênese.

A subclasse das vertentes divergentes recebeu peso 3. Isso pode ser justificado pelo seu potencial de dispersão dos fluxos superficiais de água e sedimentos para as áreas ao redor (VALERIANO, 2008; AFONSO e SILVA, s/d). Consoante, cabe destacar que essas morfologias correspondem a zonas alimentadoras, fornecendo sedimentos e águas para as áreas a jusante.

Por sua vez, a zona de canal recebeu peso 3,5, tendo em vista que apesar de possuir trechos de áreas planas nas margens do canal fluvial principal, essas áreas estão nas partes mais baixas do relevo, o que contribui para o recebimento de sedimentos de toda a área de drenagem. Cabe destacar que a zona de canal está sujeita aos processos de escavação, deposição e modificação da geometria do canal através do escoamento do canal fluvial (TEIXEIRA *et al*, 2001; MAGALHÃES JÚNIOR, 2009).

As vertentes convergentes receberam peso 4. A atribuição dessa nota se justifica pela característica de concentração dos fluxos superficiais (VALERIANO, 2008; AFONSO e SILVA, s/d) o que favorece a atuação dos processos erosivos nessas “vertentes ravinadas”, além do intenso depósito de material detrítico de toda área de drenagem.

Por último, os mogotes ou morros cársticos receberam peso 5, sendo classificados como as morfologias mais instáveis. A nota se justifica pelo alto potencial morfogenético da fisionomia que, segundo IBGE (2009), corresponde a uma elevação residual com frações de blocos maciços de rochas carbonáticas ruiniformes. Essas morfologias apresentam elevada instabilidade devido a fragilidade química da litologia e presença de diversos fraturamentos.

Seguindo a lógica exposta por Tricart (1977), o atributo geológico foi analisado a partir da resistência dos múltiplos tipos de litologia frente a meteorização dos agentes exógenos. De acordo com Costa *et al* (2017) em sua análise de resistência à denudação e Crepani *et al* (2001) em sua avaliação do grau de coesão das rochas na resistência quanto a denudação, intemperismo e erosão, é possível identificar o granito-gnaiss como a litologia mais resistente, o siltito com resistência intermediária e o calcário como a rocha mais frágil (Tabela 8).

Tabela 8 - Classes litológicas e suas respectivas notas.

Classe	Subclasse	Peso
Litologias	Granito-gnaisse	1
	Siltito	4
	Calcário	5

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Ao realizar a distribuição dos pesos de cada classe de solo da área de estudo foi considerada a resistência que cada cobertura pedológica tem frente aos processos erosivos. Nesse contexto, cabe destacar que a intensidade dos processos erosivos está diretamente relacionada com as características do solo (LEPSCH, 2010; Tricart 1977). Com base nas metodologias de Ross (1993), Crepani *et al* (2001) e Costa *et al* (2017) que entre outros aspectos pedológicos abordam a resistência dos solos, os pesos atribuídos para as subclasses de solos foram estipulados em ordem crescente conforme a tabela abaixo (Tabela 9).

Tabela 9 - Classes pedológicas e suas respectivas notas.

Classe	Subclasse	Peso
Solos	Latossolo	1
	Argissolo	2,5
	Chernossolo	5
	Luvissolo	4
	Nitossolo	2
	Cambissolo	3

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Analisando o potencial morfogenético dos agentes exógenos somados aos usos e ocupações inseridos na área de estudo, cabe destacar que os pesos (Tabela 10) foram atribuídos de acordo com uma visão geral das considerações encontradas na literatura, sendo inviável acrescentar ponderações ao tipo de manejo ou estado de conservação encontrado na bacia hidrográfica.

Tabela 10 - Classes dos usos da Terra e suas respectivas notas.

Classe	Subclasse	Peso
Usos e ocupações	Áreas cultivadas	3
	Pastagens	4
	Cobertura vegetal	2,5
	Solo exposto	5
	Área urbana	1
	Corpo d'água	2

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Os menores pesos foram atribuídos para as áreas urbanas e os corpos d'água uma vez que as áreas urbanas correspondem a áreas impermeabilizadas e conseqüentemente de baixo potencial morfogenético, já o baixo peso para os corpos d'água é justificado por se inserirem pontualmente em áreas deprimidas ou nas porções mais rebaixadas do relevo de forma linear e se considerarmos o potencial de escavação e deposição rios, esses interferem muito mais na estabilidade das vertentes do que diretamente no próprio canal.

Os pesos das coberturas vegetais foram atribuídos com base nas considerações de Ross (1993), Tricart (1977), Crepani *et al* (2001) e Coelho Netto (1994) que consideram a densidade da vegetação um elemento preponderante no potencial de dissipação dos agentes exógenos. Nesse sentido, a cobertura vegetal recebeu peso 2,5, áreas cultivadas 3 e pastagens peso 4.

Em último, a subclasse definida com maior potencial morfogenético, peso 5, foi o solo exposto. Isso se justifica pois sem contar com nenhum tipo de proteção o solo tem seus agregados destruídos pela chuva, diminuição da microvida devido perda de matéria orgânica e a exposição ao sol inibe a formação de novas substâncias agregantes (CREPANI *et al*, 2001).

No entanto, cabe destacar que todas as morfologias, solos, litologias etc, estão sempre sobre o ataque dos agentes morfogenéticos exógenos, o que varia é o comportamento de cada forma, processo, material ou dinâmica de cada área no balanço entre pedogênese (estabilidade) ou morfogênese (instabilidade).

O processo de elaboração do mapa consistiu das seguintes etapas: (I) Transformação das camadas vetoriais de litologia, solos e morfologias em matriciais

(as variáveis altimetria, declividade e uso e cobertura já eram de natureza matricial); (II) Reclassificação de cada variável, atribuindo os pesos para as subclasses; (III) Multiplicação de cada variável com o peso atribuído no processo de análise multicritério, dividido pela quantidade de variáveis (seis); (IV) O mapa foi classificado em cinco classes, considerando a metodologia proposta, no método manual.

4.4 - Análise integrada dos resultados.

A terceira e última etapa desta pesquisa consistiu na análise integrada de todas as etapas, o que inclui: a revisão da literatura, confecção dos mapas da área, dados obtidos na aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida de Rios (PAR), observações de campo e o mapa de potencial morfogenético. Esta etapa teve como objetivo aparelhar as diretrizes da legislação ambiental no que tange a Áreas de Preservação Permanente e a geodiversidade da área de estudo junto a um diagnóstico ambiental dos múltiplos níveis de estabilidade/instabilidade.

5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

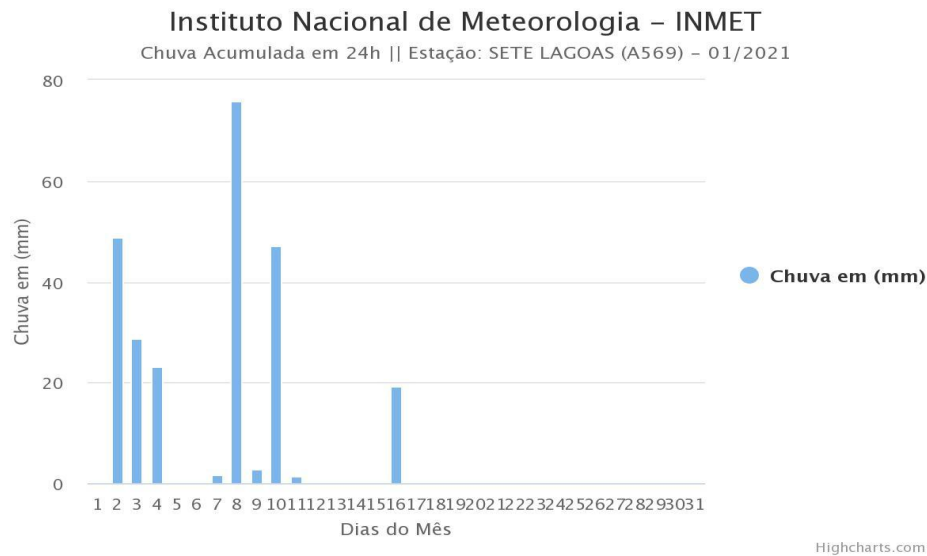
5.1 - Protocolo de Avaliação Rápida de Rios (PAR).

A bacia hidrográfica do córrego Marinheiro apresenta grande diversidade de ambientes em toda área de drenagem, fato que também é explícito ao longo de sua rede hidrográfica. Frente ao exposto, a aplicação do protocolo de avaliação rápida de rios (PAR) se deu em quatro pontos distintos ao longo do canal principal, em duas ocasiões, uma visita na estações seca e outra na chuvosa.

O primeiro trabalho de campo ocorreu no dia 25 de setembro de 2020, período que segundo o INMET (2020) corresponde ao último mês da temporada de estiagem na região onde se insere o município de Sete Lagoas. Conforme dados do INMET (2021), na data do trabalho de campo, assim como durante todo o mês de setembro não foi registrado nenhum volume de chuva.

Por sua vez, o segundo trabalho de campo ocorreu no dia 16 de janeiro de 2021, período que geralmente está dentro do intervalo de tempo com os maiores índices pluviométricos, de acordo com o INMET (2020). Ao longo do dia 16 de janeiro, o tempo estava predominantemente nublado mas não houve precipitação, as chuvas incidiram sobre o município de Sete Lagoas durante a madrugada, que registrou 19,2 mm de chuva, sendo que deste montante 14,8 mm incidiram sobre a superfície em uma única hora (Figura 22). Consoante, cabe destacar que o gráfico foi extraído junto a base de dados do INMET no dia 17 de janeiro e por isso não apresenta os possíveis volumes de chuva que possam ter ocorrido no restante do mês.

Figura 22 - Índices pluviométricos de Sete Lagoas 01/2021.



Fonte: INMET (2021).

A aplicação de protocolos como este são ferramentas que proporcionam uma análise qualitativa dos rios, assim como dos ecossistemas em que se inserem (BIZZO *et al*, 2014; CALLISTO, 2002). A aplicação do protocolo visa identificar o estado de conservação desses ambientes a partir de uma pontuação, sendo que nessa metodologia de 0 a 40 pontos o ambiente é considerado impactado, de 41 a 60 pontos a área é conceituada como alterada e de 61 a 100 pontos a localização é considerada natural. A caracterização detalhada de cada protocolo e cada parâmetro encontra-se nos ANEXOS II e III.

As análises realizadas através do PAR mostraram-se satisfatórias e uma importante ferramenta na geração de diagnósticos ambientais. No entanto, é necessário destacar a necessidade de algumas adequações junto ao protocolo a partir da inserção de alguns parâmetros, tais como, a ocorrência de barramentos a montante ou jusante do perímetro de análise, a ocorrência de transposição de curso d'água, processos de captação, qualificar se o tipo de manejo das atividades antrópicas nas margens é adequado, verificar as características do padrão fluvial e as características da rede de drenagem, a sua aplicação sob diferentes incidências pluviométricas e distintos níveis de vazão, alterações que por sua vez poderiam aprimorar a efetividade do protocolo.

A partir da aplicação do protocolo nos quatro pontos selecionados foi possível identificar que não houve variação do estado de conservação entre as estações seca e chuvosa. O ponto 1, no alto curso, foi considerado como área alterada, os pontos 2 e 3 como ambientes naturais e o ponto 4, com a menor pontuação da área de drenagem também foi considerado como um ambiente alterado (Tabela 11).

Tabela 11 - Pontos de aplicação do PAR e suas respectivas notas.

Ponto 1 - Localização: Fazenda Paredão (áreas de cabeceira)	
Pontuação na Estação Seca	Pontuação na Estação Chuvosa
55	55
Ponto 2 - Localização: Ponte (médio curso)	
Pontuação na Estação Seca	Pontuação na Estação Chuvosa
62	60
Ponto 3 - Localização: Barragem Baiana	
Pontuação na Estação Seca	Pontuação na Estação Chuvosa
72	70
Ponto 5 - Localização: Ferrovia	
Pontuação na Estação Seca	Pontuação na Estação Chuvosa
44	42

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

O primeiro ponto de análise, situado no terço superior da bacia, onde encontram-se as cabeceiras de drenagem, foi realizado a jusante de dois barramentos (figura 23). Neste ponto, o ambiente obteve a contagem de 55 pontos em ambas as campanhas de campo, sendo considerado portanto como um ambiente alterado.

Figura 23 - Ponto 1 de aplicação do PAR.



Fonte: Fotografia do autor (2020).

O trecho do curso d'água está inserido em uma propriedade rural e é fonte para dessedentação do gado inserido na propriedade, aspecto que se reflete no parâmetro 1 do protocolo que caracteriza o tipo de uso e ocupação das margens do corpo d'água, que neste caso é descrito com agricultura/pastagem. Outro aspecto que também é resultante direto desse uso e ocupação das margens é a presença de processos erosivos acentuados ao longo das vertentes, onde é possível identificar a erosão resultante, principalmente, do manejo inadequado das pastagens e da compactação do solo provocada pelos animais (Figura 24).

Figura 24 - Processos erosivos nas vertentes (período de estiagem).



Fonte: Fotografia do autor (2020).

A partir das observações em campo, pela inserção da rede de drenagem nos mapas e com base na literatura consultada, é possível inferir que esse trecho do canal apresenta o padrão fluvial retilíneo e isso se justifica pois não apresentam grandes desvios de montante para jusante, o que segundo Christofolletti (1981) e Leopold, Wolman e Miller (1964) pode ser justificado pelo controle estrutural e pela homogeneidade do contexto rochoso, uma vez que em superfícies heterogêneas o curso d'água tende a desviar sua trajetória conforme a resistência e estrutura dos materiais (solos, rochas e sedimentos). Essa caracterização é importante, uma vez que contribui também para justificar a instabilidade encontrada nas margens do canal, Santos (2008) salienta que esse padrão fluvial tem como característica a mudança lateral do canal e conseqüente escavação das margens, que nesse caso ocorre sobre os solos rasos que estão em contato com a água (Figura 25).

Figuras 25 - Escavação fluvial das margens do córrego.



Fonte: Fotografia do autor (2021).

Apesar da aparente incidência dos processos erosivos ao longo das vertentes, o trecho onde foi aplicado o protocolo não apresenta grandes quantidades de deposição de sedimentos em seu leito, o que pode ser fundamentado por Grant *et al* (2013) e Charlton (2008) através da proposta de Schumm (1977) em que onde o terço superior da bacia é caracterizado como uma zona preferencial de fornecimento de sedimentos, que somados ao descumprimento do Código Florestal (12.651/12), no que tange às áreas de APP's e as elevadas declividades tornam o curso d'água um condutor de sedimentos para as áreas a jusante. Essa reduzida diversidade de sedimentos também contribui para a baixa pluralidade de habitats do canal e escassa presença de vegetação.

Apesar do primeiro segmento avaliado ter ficado com a mesma pontuação em ambas as campanhas de campo, houve variação na avaliação de dois parâmetros, sendo eles, o item 8 que examina o odor do sedimento de fundo e o item 7 que analisa a transparência (turbidez) da água.

Conforme mencionado, há uma baixa deposição de sedimentos nesse trecho, no entanto tal variação na pontuação ocorreu pois no período de seca os sedimentos apresentaram forte odor de fezes de gado e na época de chuva, o pouco sedimento que não foi transportado pelas águas com o aumento da vazão do rio não apresentou nenhum odor (Figuras 26 e 27).

Figuras 26 - Sedimentos coletados no ponto 1 durante a estação seca.



Fonte: Fotografia do autor (2020).

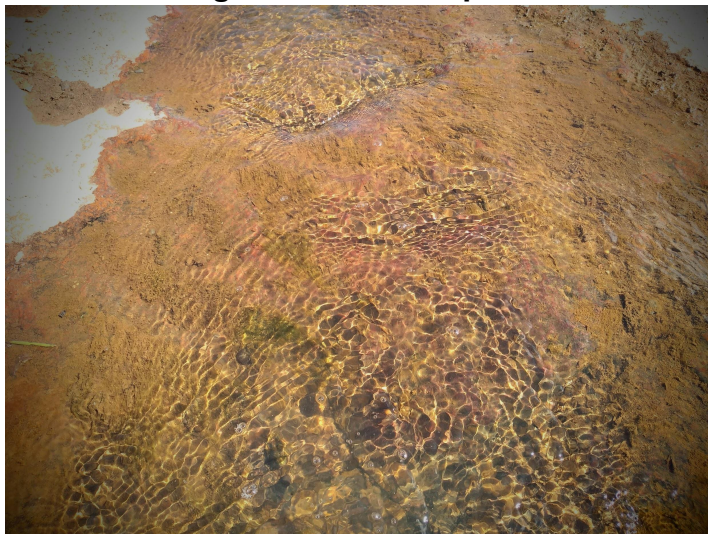
Figuras 27 - Sedimentos coletados no ponto 1 durante a estação chuvosa.



Fonte: Fotografia do autor (2021).

O segundo fator que sofreu variações entre as campanhas de campo foi o nível de transparência da água (turbidez). No período de estiagem e com a baixa vazão, as águas eram cristalinas e no período chuvoso o rio passou a ter uma cor turva devido ao aumento de transporte em suspensão (Figura 28 e 29).

Figuras 28 - Turbidez das águas fluviais no ponto 1 durante estação seca.



Fonte: Fotografia do autor (2020).

Figuras 29 - Turbidez das águas fluviais no ponto 1 durante estação chuvosa.



Fonte: Fotografia do autor (2021).

O segundo segmento de aplicação do PAR ocorreu no terço médio da bacia, a montante de uma ponte que conecta as duas margens do córrego Marinheiro (Figura 30). Nessa área o ambiente fluvial recebeu 62 pontos na estação seca e 60 na estação chuvosa, sendo qualificado com ambiente natural em ambas as idas a campo.

Figura 30 - Ponto 2 de aplicação do PAR.



Fonte: Fotografia do autor (2021).

Se comparada ao primeiro ponto de análise, a elevada pontuação está relacionada principalmente à conservação de suas margens, que apresenta vegetação natural, mata ciliar, estabilidade das margens do curso d'água e moderada presença de processos erosivos. Todos esses aspectos afetam também as características do fluxo do canal que possui maior diversidade de habitats, materiais em seu leito e as características do fluxo das águas.

Consoante, o único aspecto que teve variação nas campanhas de campo do ponto 2 foi o parâmetro 7, fazendo com que a pontuação saltasse de 62 pontos na estação seca, para 60 pontos durante o período com ocorrência de precipitação. O parâmetro em questão, diz respeito a transparência da água que passou de turva/cor de chá forte durante a estiagem para opaca ou colorida durante o período de chuva (Figuras 31 e 32).

Figuras 31 - Turbidez das águas fluviais no ponto 2 durante estação seca.



Fonte: Fotografia do autor (2020).

Figuras 32 - Turbidez das águas fluviais no ponto 2 durante estação chuvosa.



Fonte: Fotografia do autor (2021).

Inserida na zona de canal, esse trecho de análise apresentou fortes evidências de ter sofrido com processos de inundação, uma vez que foi possível encontrar níveis deposicionais ainda úmidos e a vegetação rasteira estava coberta por lama.

Outro parâmetro que apesar de não ter sofrido variações em sua pontuação merece ser citado, é a característica dos sedimentos do fundo do leito. Durante a observação do primeiro campo os sedimentos apresentaram grande quantidade de matéria orgânica, fato que sofreu variações uma vez que na coleta durante a época chuvosa os sedimentos são predominantemente inorgânicos (Figuras 33 e 34).

Figuras 33 - Sedimentos coletados no ponto 2 durante a estação seca.



Fonte: Fotografia do autor (2020).

Figuras 34 - Sedimentos coletados no ponto 2 durante a estação chuvosa.



Fonte: Fotografia do autor (2021).

O terceiro ponto de análise, situado no terço inferior da bacia hidrográfica, foi realizado a jusante de um barramento do córrego Marinheiro (Figura 35). Neste ponto, o ambiente obteve as maiores notas, sendo elas, 72 na estação seca e 70 no período chuvoso. Em ambas as estações, o trecho foi classificado como natural conforme aplicação do PAR.

Figura 35 - Ponto 3 de aplicação do PAR.



Fonte: Fotografia do autor (2020).

O perímetro de análise obteve uma melhor pontuação frente aos demais, pois apesar do barramento e transposição de parte das águas a área conservou sua vegetação nas APP's ao longo de todo o trecho. Ainda, apresenta poucas feições erosivas nas proximidades e possui poucos indícios de assoreamento a jusante da barragem. No entanto, cabe destacar que devido a transposição o “novo leito” possui margens instáveis e a escavação realizada pela água é acentuada e aparente, independentemente dos índices pluviométricos e da vazão do canal entre as campanhas de campo (Figura 36).

Figura 36 - Escavação fluvial a jusante do barramento.



Fonte: Fotografia do autor (2021).

Assim como as demais áreas visitadas em campo, no ponto 3 também houve variação no parâmetro de transparência da água (turbidez) nas duas aferições. Na primeira visita, período de baixa incidência pluviométrica, as águas do córrego apresentavam-se turvas ou com cor de chá forte e na segunda visita, período de elevada incidência pluviométrica e que a vazão do rio é maior, a transparência da água passou a ser opaca ou colorida (Figuras 37 e 38).

Figuras 37 - Turbidez das águas fluviais no ponto 3 durante estação seca.



Fonte: Fotografia do autor (2020).

Figuras 38 - Turbidez das águas fluviais no ponto 3 durante estação chuvosa.



Fonte: Fotografia do autor (2021).

Com o fundo do leito coberto predominantemente por cascalho (Figuras 39 e 40), o local não apresentou grandes variações desse material entre as visitas, o que pode ser justificado pela inserção do barramento como fator de contenção de parte dos sedimentos que vem de montante para jusante, carregados pela rede de drenagem. O que pode ser observado na comparação é que os sedimentos coletados na época de menor vazão apresenta também deposição de sedimentos finos como silte e argila, já durante as cheias o cascalho aparece sozinho já que os sedimentos de menor granulometria estão sendo transportados em suspensão.

Figuras 39 - Sedimentos coletados no ponto 3 durante a estação seca.



Fonte: Fotografia do autor (2020).

Figuras 40 - Sedimentos coletados no ponto 3 durante a estação chuvosa.



Fonte: Fotografia do autor (2021).

O último ponto de amostragem e aplicação do protocolo de avaliação rápida de rios foi nas proximidades da linha férrea, perto da confluência com o ribeirão Jequitibá (Figuras 41). O trecho obteve as menores pontuações de toda a área de drenagem, sendo que no primeiro trabalho de campo a pontuação foi 44 e na segunda ida a campo, no período chuvoso, a pontuação foi 42, obtendo portanto, a definição de ambiente alterado em ambos os períodos de análise.

Figura 41 - Ponto 4 de aplicação do PAR.



Fonte: Fotografia do autor (2020).

Um dos principais aspectos para que o trecho tenha apresentado baixa pontuação pode ser justificado pela ausência de vegetação nativa, presença moderada de processos erosivos e pelas intervenções antrópicas, uma vez que a linha férrea, além de provocar alterações no leito do canal e na dinâmica hidrológica provoca a instabilidade do terreno pela vibração proveniente do trânsito da locomotiva.

Como um sistema que integra interações, segundo a proposta de Schumm (1977) a bacia hidrográfica pode ser subdividida em subsistemas, e nesse caso, seguindo a metodologia proposta, esse ponto de análise seria enquadrado como uma zona prioritária para deposição de sedimentos. Essa colocação é de suma relevância, pois como é sabido todas as intervenções ocorridas dentro da área de drenagem tem reflexos a montante e sobretudo a jusante do ponto de interferência ou análise e esse aspecto pode ter contribuído para a baixa pontuação da área, uma vez que sofre com os efeitos sinérgicos e cumulativos de toda área de drenagem.

Em conformidade ao ocorrido nas demais áreas investigadas, neste trecho, um dos aspectos que apresentou variação entre os trabalhos de campo foi o parâmetro de transparência da água. Durante a primeira aplicação do protocolo a água apresentou-se turva ou cor de chá forte e na segunda campanha de campo o resultado passou a ser opaca ou colorida (Figuras 42 e 43).

Figuras 42 - Turbidez das águas fluviais no ponto 4 durante estação seca.



Fonte: Fotografia do autor (2020).

Figuras 43 - Turbidez das águas fluviais no ponto 4 durante estação chuvosa.



Fonte: Fotografia do autor (2021).

Os sedimentos encontrados no leito do canal também sofreram variações entre os períodos de investigação (Figuras 44 e 45). Durante a primeira visita, sem incidência pluviométrica e onde a vazão era mais reduzida, os sedimentos continham diversas porções de matéria orgânica. Já durante a segunda aplicação do PAR, em que a vazão do rio foi maior devido a chuva, foi possível identificar um predomínio de sedimentos inorgânicos, uma vez que os galhos e folhas podem ter sido aterrados ou transportados para outras porções do canal.

Figuras 44 - Sedimentos coletados no ponto 4 durante a estação seca.



Fonte: Fotografia do autor (2020).

Figuras 45 - Sedimentos coletados no ponto 4 durante a estação chuvosa.



Fonte: Fotografia do autor (2021).

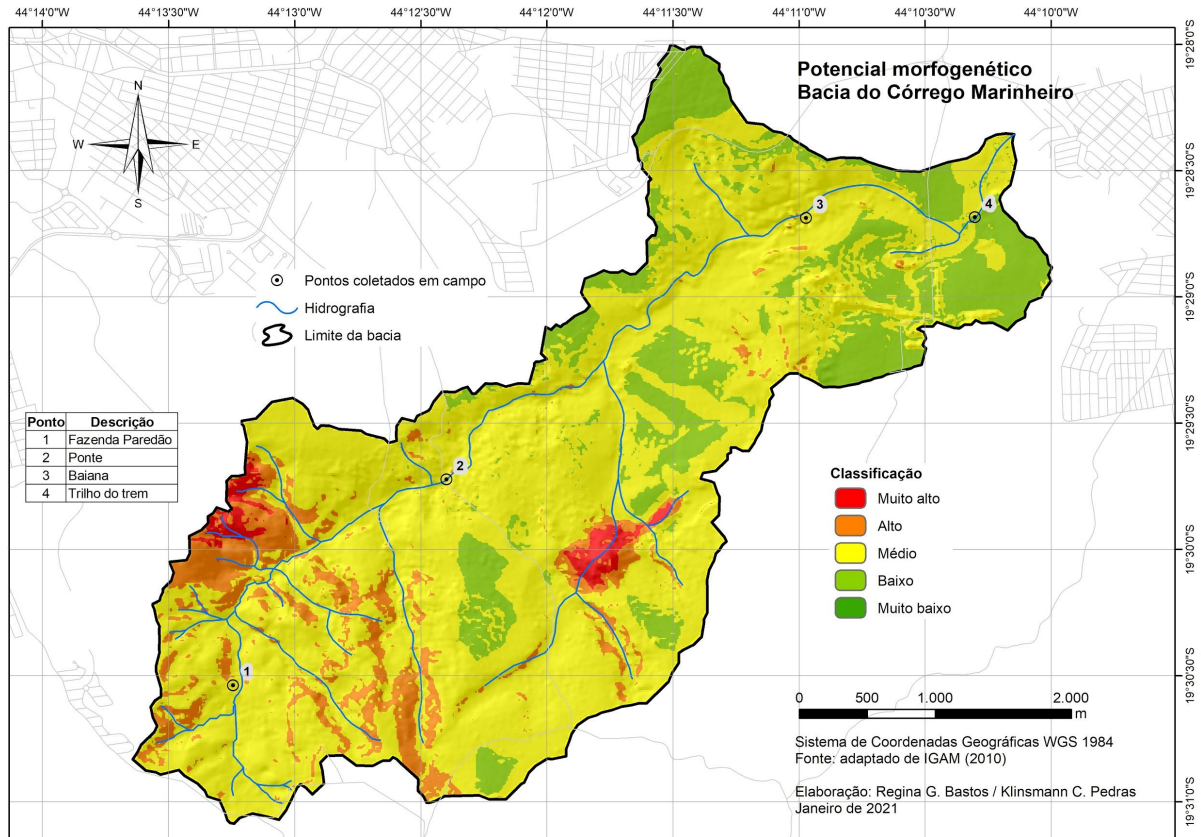
Ainda sobre os trechos avaliados no médio e baixo curso, ficou evidente a tendência do canal fluvial ao meandramento. Isso se justifica pois diferentemente das áreas de cabeceira o córrego passou a apresentar elevada sinuosidade com curvas largas, harmoniosas e semelhantes, além de estar inseridas em ambientes de relevo suavizado de margens coesas e vegetadas (mesmo sem vegetação das APP's devidamente inseridas). Tais características foram identificadas em campo e seguem os atributos descritos por LEOPOLD *et al*, 1964; CHRISTOFOLETTI, 1981; PENTEADO, 1983; HOOKE, 2013 e MAGALHÃES JÚNIOR, 2009 e 2011 ao abordarem as dinâmicas dos padrões fluviais meandramentos.

5.2 - Morfogênese da bacia hidrográfica do Córrego Marinheiro.

O processo de morfogênese é resultante de um complexo sistema multiescalar que está sempre em atuação e que segundo Tricart (1977) proporciona diversos níveis de instabilidade ao meio ambiente. Frente ao exposto e considerando a grande diversidade inserida na área de estudo, da sobreposição dos tipos de litologia, índices de declividade e altimetria, morfologias, tipos de solo e

classes de uso e ocupação foi possível obter o seguinte mapa do potencial morfogenético da bacia hidrográfica do córrego Marinheiro:

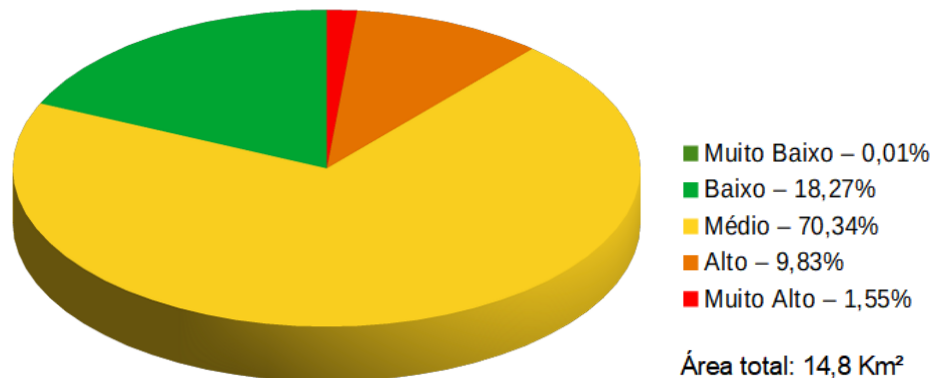
Figura 46 - Mapa do Potencial Morfogenético da Bacia Hidrográfica do Córrego Marinheiro.



Fonte: Elaborado por Bastos e Pedras (2021).

Ao considerarmos a distribuição espacial de cada potencial morfogenético inserido dentro da área de drenagem, é importante examinar também as proporções de cada classificação (Figura 47), uma vez que elas possuem diferentes níveis de vulnerabilidade e conseqüentemente distintas predisposições de fornecimento de sólidos as porções mais rebaixadas do relevo, o que inclui as APP's e os cursos d'água, acarretando assim em impactos físicos as redes hidrográficas.

Figura 47 - Proporções dos Níveis de Potencial Morfogenético da Bacia Hidrográfica do Córrego Marinheiro.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Por meio desses dados é possível analisar o nível de instabilidade de cada área, a sua representatividade dentro da bacia e assim subsidiar um diagnóstico ambiental mais preciso.

As regiões que incidem sobre o potencial morfogenético muito alto correspondem a 1,55% da área de drenagem e coincide justamente com a localização dos mogotes e isso pode ser justificado pois essas morfologias apresentam relevo movimentado com os maiores índices de declividade, enquadrados como relevo forte ondulado, montanhoso e escarpado. É observado também que essas feições são constituídas de calcários e chernossolos, em razão disso são muito vulneráveis ao intemperismo, erosão, movimentos de massa e denudação. Em contraponto, um fator que promove a estabilidade local é o uso e ocupação, mapeado com predomínio de cobertura vegetal, que pode ser justificado propriamente pela alta vulnerabilidade natural da área que limita outros tipos de atividades antrópicas.

As localidades enquadradas com alto potencial morfogenético estão inseridas em 9,83% da área de estudo e estão concentradas ao redor dos mogotes e ao longo do terço superior da bacia, nas áreas de cabeceira. Esse resultado pode ser explicado, pois as áreas próximas aos magotes são enquadradas como zonas de contato na transição entre potenciais morfogenéticos distintos e também são constituídas por materiais (solos e rochas) instáveis. Já as áreas de cabeceira receberam essa classificação devido ao relevo predominantemente movimentado

com declives que variam de 20-45% e 45-75%, a alta concentração de vertentes convergentes, sendo que as divergentes são curtas e favorecem o transporte de sedimentos para as porções mais rebaixadas do relevo, o predomínio de cambissolos, luvisolos e chernossolos e a inserção de pastagens, áreas cultivadas e solo exposto são outros fatores que favorecem a instabilidade.

Diante desse detalhamento das áreas com muito alto e alto potencial a morfogênese, é possível conciliar os resultados com o esclarecimento de Schumm (1977) que apresenta o terço superior da área de drenagem como uma zona preferencial para fornecimento de sedimentos e conseqüentemente mais susceptível aos processos morfogenéticos exógenos. No entanto, mesmo com os elevados níveis de instabilidade, a área não apresenta estágios avançados de erosão, como voçorocamento ou indícios de movimentos de massa.

Ao longo de toda a área de drenagem foram detectadas superfícies com médio potencial morfogenético, que seriam enquadradas por Tricart (1977) como ambientes intergrades, esse nível de potencial a morfogênese é o mais representativo em toda a bacia, inserido em 70,34% de todo o território. A inserção desse nível de vulnerabilidade de forma tão expressiva está relacionado aos aspectos de transição e interdependência entre as classes e subclasses no processo de evolução do modelado terrestre da área de estudo. Os índices de declividade identificados no médio potencial morfogenético transitam entre o relevo suave ondulado, ondulado e forte ondulado. Já as morfologias identificadas correspondem as vertentes divergentes no terço superior da bacia, vertentes divergentes e zona de canal no terço médio, e as vertentes convergentes, zona de canal e as áreas de cambissolo flúvico dentro da uvala no terço inferior da bacia.

As principais classes altimétricas que foram identificadas no médio potencial morfogenético estão entre 770-850 metros de altitude, justamente as porções de transição entre as áreas mais rebaixadas e as mais elevadas. Por conseguinte, os materiais que compõem o relevo (solos e rochas) estão inseridos nesta classe de modo variado, correspondendo a dois elementos que podem evoluir para rochas mais intemperizadas e solos mais profundos ou rochas menos intemperizadas e solos menos evoluídos. Os usos e ocupações identificados nesse nível de vulnerabilidade também são variados e demandam atenção, pois como mencionado

no referencial, a morfogênese é um movimento contínuo resultante de processos naturais e/ou antrópicos, ou seja, dependendo do tipo de manejo ou intervenção o nível de vulnerabilidade pode variar.

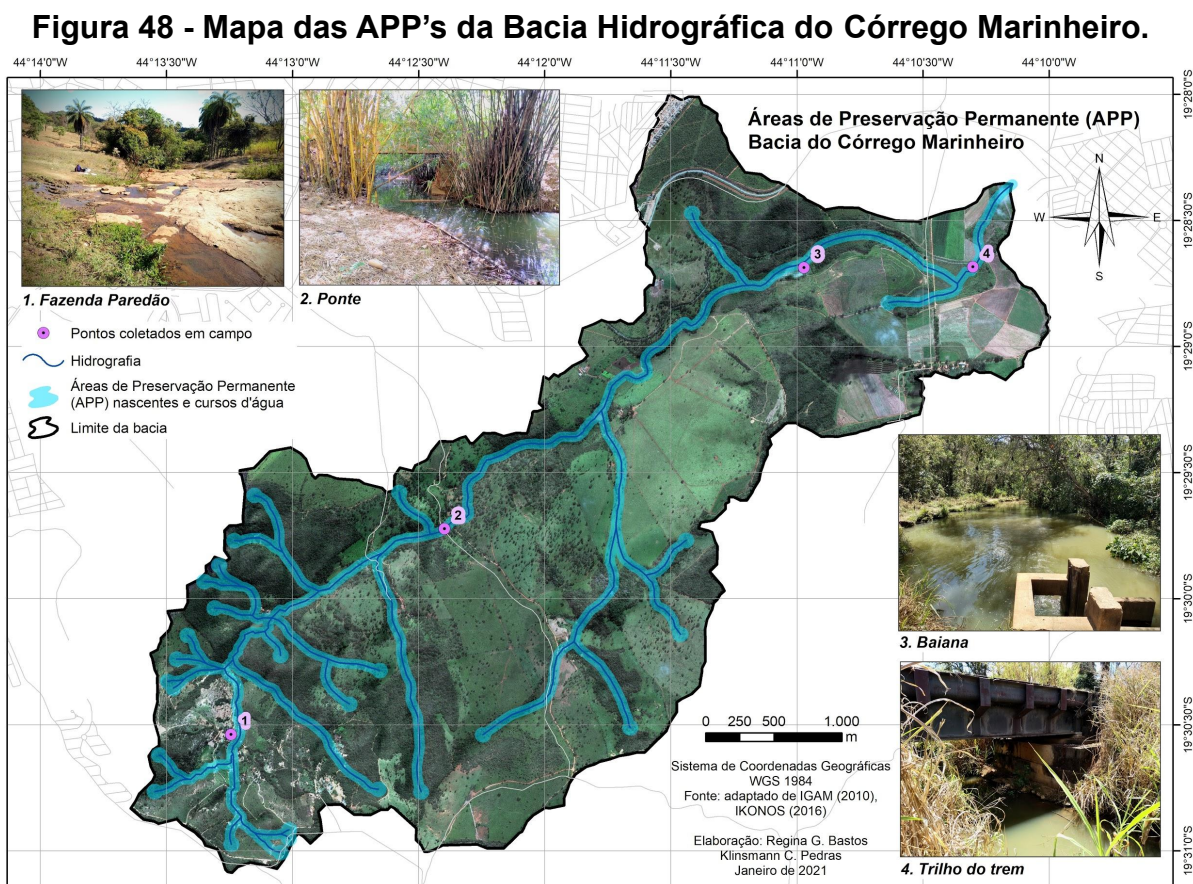
As áreas estipuladas com baixo potencial morfogenético encontram-se somente nos terços médio e inferior da área de drenagem, e correspondem a 18,27% da bacia hidrográfica. Esse nível de morfogênese ocorre sobretudo em declives que variam de 0-3% e 3-8%, especialmente em vertentes planares e vertentes divergentes alongadas (diferente das vertentes divergentes das áreas de cabeceira que são curtas e declivosas). As litologias inseridas em ambientes com baixo potencial morfogenético correspondem, respectivamente, ao calcário e ao siltito, que em razão disso ilustram a baixa resistência dessas rochas frente aos agentes intempéricos, favorecendo assim a pedogênese. Os solos inseridos nessas localidades são os mais evoluídos da bacia, caracterizados por Oliveira (2016) como áreas de latossolo vermelho e latossolo vermelho amarelo. Consoante, cabe destacar que essa cobertura pedológica é muito resistente aos processos erosivos e possuem elevada capacidade de infiltração e retenção de água, proporcionando estabilidade morfogenética a essas áreas.

Os usos e ocupações são diversificados nas áreas de baixo potencial morfogenético, contendo desde área urbana, agricultura, pastagem e cobertura vegetal. O que é justificado pela sobreposição da baixa vulnerabilidade natural das áreas que possibilita os usos múltiplos dessas regiões.

Por último, as localidades mapeadas com muito baixo potencial morfogenético, são quase inexistentes, correspondendo a 0,01% da área de estudo. Isso se deve ao predomínio das atividades de agricultura e pecuária (atividades com alto potencial de instabilidade) nas áreas que mais favorecem a pedogênese, além do fato de as áreas com relevo mais suavizado se inserirem em litologias que favorecem a formação do endocarste que conseqüentemente propicia movimentos de massa e também são pouco resistentes ao intemperismo físico e sobretudo químico.

5.3 - Análise integrada dos resultados.

A partir da aplicação do PAR ao longo de quatro segmentos do córrego Marinheiro (Figura 48) em duas visitas de campo com incidências pluviométricas distintas, foi possível verificar *in loco* que a rede hidrográfica não só percorre diferentes ambientes, como também apresenta comportamentos distintos frente às múltiplas intervenções antrópicas, localização dentro da área de drenagem (terço superior, médio e inferior), interações com os segmentos a montante e a jusante, bem como com os diversos contextos geológicos, pedológicos, geomorfológicos e qualidade e quantidade da cobertura vegetal que se inserem ao longo das APP's e vertentes dentro da bacia.



Fonte: Elaborado por Bastos e Pedras (2021).

Com os trabalhos de campo, o mapeamento do uso e ocupação da Terra, o mapeamento do potencial morfogenético e a aplicação do protocolo, foi possível constatar diferentes níveis de instabilidade e conservação da bacia, assim como da hidrografia e das áreas marginais aos cursos d'água.

O primeiro ponto de aplicação do PAR, enquadrado como ambiente alterado, está inserido em uma área de médio potencial com áreas de alto potencial morfogenético em seu entorno. Conforme o mapa de uso e ocupação, há o predomínio de áreas cultivadas, pastagens e solo exposto, sendo necessário destacar a ausência de vegetação nativa nas APP's, o que reduz a estabilidade das margens do canal e facilita o carreamento de sedimentos para o córrego.

Apesar do primeiro ponto de análise ter sido enquadrado como médio potencial de morfogênese, mesmo estando localizado no terço superior da bacia, área enquadrada como preferencial para fornecimento de sedimentos, também recebe carga sedimentológica das áreas circunvizinhas mais elevadas que por sua vez possuem processos erosivos acentuados, mais um fato que testemunha a importância de se conservar a vegetação nas APP's, tendo em vista que elas também interceptam os sedimentos provenientes das áreas a montante e transportados pelo vento.

A segunda seção de aplicação do protocolo foi enquadrada como ambiente natural e se insere em uma área com médio potencial morfogenético intercalada com segmentos pontuais de alto e baixo potenciais. Diferentemente do primeiro ponto, e conforme foi identificado em campo e no mapa de uso e ocupação, o segmento apresenta uma expressiva mata ciliar ao longo das margens do curso d'água. Por sua vez, essa vegetação contribui para a contenção dos agentes morfogenéticos exógenos, proporciona a estabilidade das margens do córrego e funciona como um cordão de isolamento do sistema fluvial com as atividades antrópicas nas áreas a montante (agricultura e pecuária).

Consoante, apesar da área ter sido caracterizada como ambiente natural, vale destacar que grande parte dos sedimentos das áreas a montante, sobretudo do terço superior da bacia que apresenta a maior concentração dos potenciais morfogenéticos muito alto e alto seguem para as porções mais rebaixadas do relevo,

o que inclui os cursos d'água e por sua vez, justifica a elevada carga de sedimentos encontrada no fundo do canal nesse trecho.

O terceiro ponto de aplicação do PAR se insere em uma porção da bacia com médio potencial a morfogênese e foi qualificada como um ambiente natural, obtendo as maiores e melhores notas da área de estudo. Frente ao exposto, alguns fatores que contribuíram para esse diagnóstico foram: as extensas zonas de cobertura vegetal nativa que ultrapassam as extensões determinadas pelo código florestal como APP. O relevo suavizado com vertentes longas que favorece a infiltração ao invés do escoamento superficial das águas pluviais. O fato das áreas adjacentes serem classificadas predominantemente como baixo potencial morfogenético, concedendo menos sedimento para as porções a jusante. E por último, a presença de um barramento a montante do ponto de aplicação do protocolo, favorecendo a contenção de parte dos sedimentos transportados pelo curso d'água.

O quarto e último ponto de aplicação do protocolo obteve as menores pontuações de toda a área de drenagem, alcançando 44 pontos no período de estiagem e 42 pontos na temporada de chuva, sendo enquadrada portanto como uma área alterada em ambas as aplicações, essas pontuações chamam a atenção pois estão próximas de serem consideradas como perímetros impactados.

Em contraste ao diagnóstico negativo do protocolo essa área se insere em um ambiente de médio a baixo potencial morfogenético, ou seja, seguindo a lógica de Tricat, essa é uma área que sofre as interferências dos processos de pedogênese e morfogênese que asseguram a passagem gradual entre os meios estáveis e os meios instáveis. Frente ao exposto, o que condiciona esse contraste é um ambiente de relevo suavizado inserido em um área antropizada, rodeado por locais cultivados e alterações no leito provocadas pela inserção da linha férrea.

Cabe evidenciar também que o trecho de análise não contém vegetação nativa ao longo das margens do canal, sendo identificada nas áreas de APP a inserção de capineiras e erosão moderada. Outro fator que evidencia as características e resultados obtidos nessa região é a sua localização dentro da área de drenagem, uma vez que o terço inferior da bacia corresponde a áreas preferenciais para deposição de sedimentos que conseqüentemente tendem a chegar até o leito do canal fluvial, conforme foi verificado em campo.

Além de um diagnóstico ambiental preciso, os resultados foram de fundamental importância para evidenciar a importância das APP's para os sistemas fluviais e para a área de drenagem como um todo. É neste contexto que a cobertura vegetal se inseriu como um fator que influencia de forma direta no resultado da álgebra de mapas do potencial morfogenético, favorecendo a estabilidade ou instabilidade de cada ambiente.

A vegetação inserida nas áreas de preservação permanente também influenciam de forma direta os resultados do PAR, presente em diversos parâmetros, tais como, ao avaliar a presença de mata ciliar, a extensão da mesma e o tipo de uso e ocupação das margens. De forma indireta a vegetação contribui junto ao resultado dos protocolos através de alguns aspectos, como por exemplo, erosão próxima e/ou nas margens, alterações no canal do rio, estabilidade das margens e o parâmetro de alterações antrópicas.

Frente ao exposto, as APP's se mostraram de fundamental importância para a preservação dos sistemas fluviais e conseqüentemente para a proteção física da rede hidrográfica. Essa relevância se justifica pois em conformidade ao referencial teórico e ao diagnóstico ambiental da área, as APP's favoreceram a estabilidade das margens do canal mesmo considerando o potencial de escavação e deposição natural do córrego, a redução dos processos erosivos e sua capacidade de interceptar material particulado das áreas a montante.

No entanto, cabe evidenciar que as APP's são limitadas nesse processo de proteção por três motivos, o primeiro, é que elas tem uma capacidade limitada de retenção de sedimentos e de contenção dos processos morfogenéticos exógenos.

O segundo fator a ser destacado é que se em algum trecho essa faixa de proteção é retirada, como foi o caso de alguns segmentos das áreas de cabeceira, todas as áreas a jusante vão receber sedimentos das áreas a montante através desse segmento de abertura, além da própria margem do canal que fica mais vulnerável a morfogênese.

O terceiro fator que chama a atenção, é que de acordo com o código florestal, Lei 12.651/2012 e a lei complementar 227/2019 do município de Sete Lagoas, as APP's se restringem ao entorno de nascentes e margens dos cursos d'água e alguns ambientes com características específicas, tais como, áreas no entorno de

reservatórios, declives superiores a 45°, áreas com restinga e manguezais, no topo de algumas elevações etc, desconsiderando o potencial morfogenético de extensas regiões que não possuem nenhuma dessas especificidades. Por sua vez, esse é um aspecto muito frágil da legislação, tendo em vista que por mais que a lei esteja sendo cumprida em sua totalidade, o processo de evolução do relevo está sempre em andamento, assim como o fornecimento de sedimentos para as porções mais rebaixadas do terreno, onde se inserem os cursos d'água e quando não consideramos as áreas mais susceptíveis a esse fornecimento de sedimentos a gestão e proteção dos recursos hídricos não está ocorrendo de forma efetiva.

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A essência do processo de estudo do espaço geográfico e suas dinâmicas é estabelecer e analisar as relações entre o todo e suas partes. Compreender a natureza do objeto de estudo é fundamental para a sistematização do pensamento Geográfico, visto que o objetivo principal da Geografia é realizar conexões dos fenômenos, fragmentos espaciais e temporais dentro de uma totalidade, através da síntese.

Nesta perspectiva, a abordagem sistêmica se faz relevante como o melhor instrumento para a análise ambiental, dado que viabiliza estudar as relações mútuas diretas e indiretas entre os diversos componentes que integram a dinâmica do meio.

Desta forma, para o estudo da bacia hidrográfica do Córrego Marinheiro foram utilizados instrumentos de análise ambiental para compreensão de sua conjuntura. A partir da aplicação do PAR foi possível aferir as condições qualitativas de trechos do curso d'água, que por sua vez, são reflexos da própria dinâmica dos sistemas fluviais e dos ecossistemas em que se inserem, bem como da morfogênese de toda a área de drenagem.

Diante disto, ao considerarmos as técnicas utilizadas para a realização desta pesquisa, é necessário destacar os aspectos positivos e negativos de cada etapa.

A aplicação do PAR proporcionou diagnósticos ambientais satisfatórios nos trechos em que foi aplicado. Mostrou-se uma ferramenta que requer pouco tempo para obtenção dos resultados e que além de tudo é disponibilizada de forma gratuita.

Como mencionado nos resultados, alguns aspectos que poderiam contribuir com a otimização da aplicação do protocolo se referem a adequações a partir da inserção de mais parâmetros que possibilitem abranger melhor a realidade. Essas adequações são de suma importância tendo em vista que podem potencializar a acurácia dos resultados obtidos sem nenhum gasto adicional.

Por sua vez, o mapeamento morfogenético mostrou-se extremamente relevante para a execução desse trabalho, já que possibilitou a sobreposição e conexão de múltiplas variáveis com características distintas em toda a área de

estudo, contribuindo ainda para a compreensão dos dados obtidos durante a aplicação do PAR. O diagnóstico alcançado através da álgebra de mapas apresenta também como benefício a vantagem de poder ser realizado com bases e softwares gratuitos, no entanto, cabe destacar que o nível de detalhamento e aprimoramento do resultado está diretamente relacionado com a escala das bases utilizadas.

Para além do uso das ferramentas de análise ambiental, as campanhas de campo foram fundamentais para a obtenção de um diagnóstico mais preciso, integrando os resultados dos protocolos aos dados representados nos mapas da área de estudo. Ainda, cabe salientar que as ferramentas por si só não geram descrições apuradas do fenômeno em estudo, mas carecem da utilização associada destas ao que foi visto em campo.

A partir do processo de análise da relevância das APP's de curso d'água na proteção física de redes hidrográficas ficou ainda mais evidente a importância desse instrumento legal para a gestão dos sistemas fluviais e do meio ambiente como um todo.

Sabe-se que no processo de evolução do modelado terrestre o transporte de sedimentos pela superfície é um processo natural ou não que pode ser suavizado por múltiplos condicionantes, sendo a vegetação bem manejada um deles. Entretanto, apesar dela contribuir para a estabilidade do terreno, a vegetação também pode ser considerada um fator para a morfogênese, porém em uma escala de tempo maior. Ademais, a vegetação presente nas APP's de curso d'água mostraram-se de fundamental importância para a proteção física da rede hidrográfica do córrego Marinheiro, tendo em vista que nas áreas onde há presença de mata ciliar (sobretudo com vegetação nativa) foi identificado maior estabilidade das margens e menor presença de processos erosivos nas proximidades. Sendo necessário destacar também que dentre os usos da Terra mapeados na área de estudo, a cobertura vegetal está entre as classes com menor potencial morfogenético.

Frente ao exposto, com essa pesquisa ficou visível a interação entre os múltiplos segmentos e condicionantes da bacia, juntamente com a sua expressiva diversidade, que é ignorada pela legislação tanto na área de estudo como em todo o território nacional.

O fato das APP's se restringirem às margens dos cursos d'água, desconsiderando a dinâmica dos próprios sistemas fluviais e da morfogênese das vertentes em toda a área de drenagem traz consigo reflexões de que talvez a legislação no atual formato não seja suficiente no processo de proteção física das redes hidrográficas, fato que aponta a demanda de outras investigações e pesquisas nessa mesma linha de abordagem.

Outra circunstância evidenciada neste trabalho é a falta de políticas públicas e fiscalização por parte do Estado no tocante a preservação e conservação da vegetação que se insere ao longo das APP's de curso d'água. Na área de estudo, foram identificados em diversos segmentos da rede hidrográfica a falta da vegetação nas margens do canal ou mesmo áreas com capineiras que demandam o reflorestamento para a recuperação local. Essas incompatibilidades foram encontradas junto a propriedades rurais, a ferrovia e também dentro da propriedade da EMBRAPA (que vem inserindo algumas mudas em trechos isolados das margens da rede hidrográfica), no entanto é uma característica que se faz presente por todo o Brasil.

Em síntese, a vegetação inserida nas áreas delimitadas como APP's são essenciais para a manutenção da proteção física das redes hidrográficas, aspecto que se relaciona diretamente com a qualidade e quantidade de águas disponíveis em superfície. No entanto, apesar de já ter passado por inúmeras mudanças questionáveis, o código florestal, assim como as demais legislações não considera análises técnicas e ambientais de forma sistêmica das múltiplas realidades e contextos do nosso território, o que impede uma gestão efetiva dos recursos hídricos e do meio ambiente como um todo.

Com isto, é necessário destacar que essa importante área de recarga e abastecimento demanda cuidados não só das margens do córrego e afluentes, mas na gestão em toda a bacia e arredores, visando conciliar alguns aspectos, tais como, o crescimento populacional do município de Sete Lagoas, o avanço das áreas urbanas e os manejos inadequados da terra inseridos nas propriedades rurais, visto que todos esses aspectos provocam impactos ambientais negativos que irão atingir os recursos hídricos. A bacia apresenta ainda o agravante de ser

predominantemente cárstica, com poucos cursos d'água superficiais, fato que evidencia a relevância da rede hidrográfica como um recurso para a população local.

Grande parte das intervenções antrópicas que demandam atenção e cuidados dentro da área de estudo são desconsideradas pela legislações ambientais como um todo, no entanto, neste caso são abarcadas pela lei complementar 227 do ano de 2019 do município de Sete Lagoas. Conforme foi constatado durante esse processo de pesquisa, a legislação não está sendo devidamente respeitada ou implementada pela sociedade e órgãos gestores.

Por fim, espera-se que este estudo contribua para o planejamento e tomada de decisão na área de estudo, que é fonte de abastecimento para moradores locais, dessedentação animal e desenvolvimento de atividades agropecuárias por parte de pequenos produtores e da EMBRAPA Milho e Sorgo, além de contribuir para a melhora da qualidade e quantidade de água disponível no ribeirão Jequitibá.

7 - REFERENCIAIS TEÓRICOS

AFONSO, A. e SILVA, T. M.; As representações das formas de relevo: uso de mapas topográficos em geomorfologia. Geomorfologia Geral. Aula 5. Sem data.

ALVES, N. S. **Mapeamento Hidromorfodinâmico do Complexo Fluvial de Anavilhanas. Contribuição aos estudos de Geomorfologia Fluvial de rios Amazônicos.** Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

AMARAL, J. R. do. **Caracterização Físico-hídrica dos Solos da Bacia do Córrego Marinheiro, Sete Lagoas – MG.** Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

AMORIM FILHO, O. B.; RIGOTTI, J. I. R.; CAMPOS, J. **Os níveis hierárquicos das cidades médias de Minas Gerais.** Curitiba, Nº 13, P. 7-18, 2007. Disponível em: <<https://www.ufjf.br/ladem/files/2009/05/oswaldo-bueno.pdf>>. Acesso em: Janeiro de 2021.

ARRAES, T. M.; CAMPOS, J. E. G. Proposição de Critérios para Avaliação e Delimitação de Bacias Hidrogeológicas. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, Volume 37 (1), 2007.

ASHMORE, P. **Morphology and dynamics of braided rivers.** In: Shroder, J. (Editor in Chief), Wohl, E. (Ed.), Treatise on Geomorphology. Academic Press, San Diego, CA, vol. 9, Fluvial Geomorphology, 2013. pp. 289–312.

BARRETO, H. N. **Investigação da Influência dos Processos Denudacionais na Evolução do Relevo da Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais - Brasil.** Tese (Doutorado em Ciências Naturais) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2012.

BIGARELLA, J. J. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais - Volume 3** (p. 877 - 1436). Florianópolis: Ed. da UFSC, 2003.

BIZZO, M. R. O; MENEZES, J.; ANDRADE, S. F. Protocolos de Avaliação Rápida de Rios (PAR). **Caderno de Estudos Geoambientais - CADEGEO**, v.04, n.01, p.05-13 -

Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://www.cadegeo.uff.br/index.php/cadegeo/article/view/20/19>>. Acesso em: Maio de 2020.

BRASIL. **Lei 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: Abril de 2020.

BRASIL. **Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: Maio de 2020.

BRANCO, O. E. A. **Avaliação da disponibilidade hídrica: conceitos e aplicabilidades.** Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2006. Disponível em: <<https://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2012/04/Disponibilidade-H%C3%ADdrica.pdf>>. Acesso em: Outubro de 2020.

CALLISTO, M. ; FERREIRA, W. R. ; MORENO, P. ; GOULART, M. ; PETRUCIO, M. **Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ).** Acta Limnologica Brasiliensia. 14(1): 2002. p.91 - 98.

CASTRO, E. de. **Estudo hidrogeoquímico ambiental em região cárstica no município Sete Lagoas - Minas Gerais: investigação da contaminação de águas superficiais e subterrâneas por nitrato de atrazina, na área do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo da EMBRAPA.** Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

CHARLTON, R. **Fundamentals of fluvial geomorphology**. London; New York; Routledge, 2008. 234 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ª Edição. Editora Edgard Blucher Ltda. São Paulo, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. Editora Edgard Blucher Ltda. São Paulo, 1981.

CHUQUIPIONDO, I. G. V. **Avaliação da Estimativa do Potencial de Erodibilidade dos Solos nas Margens de Cursos de Água: Estudo de Caso Trecho de Vazão Reduzida Capim Branco I Araguari Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

COELHO NETTO, A. L. **Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia**. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA. S. B. da (Org.). **Geomorfologia: uma revisão de conceitos e bases**. 1ed. Rio de Janeiro: BERTRAND, 1994, v. 1, p. 93-148.

COSTA, A. M.; OLIVEIRA, A. R.; VIANA, J. H. M. Manejo do solo. **Revista Manuelzão**, Belo Horizonte, nº 75, 2015. Disponível em: <<https://manuelzao.ufmg.br/biblioteca/revista-manuelzao-75/>>. Acesso em: Abril de 2020.

COSTA, A. M. ; VIANA, J. H. M. ; EVANGELISTA, L. P. ; CARVALHO, D. C. ; PEDRAS, K. C. ; HORTA, I. M. ; SALIS, H. H. C. ; PEREIRA, M. P. R. ; SAMPAIO, J. L. D. **Ponderação de Variáveis Ambientais para a Determinação do Potencial de Uso Conservacionista para o Estado de Minas Gerais**. Geografias, Vol. 14, Nº 1, 2017.

COSTA, F. P. S. da. **Áreas legais de preservação (APP e RL) do município de engenheiro coelho - SP: distribuição espacial e situação sócio-econômica visando um plano de intervenção**. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) - Universidade de São Paulo - São Paulo, 2008.

CREPANI, E. ; MEDEIROS, J. S. ; FILHO, P. H. ; FLORENZANO, T. G. ; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial.** São José dos Campos: INPE, 2001.

DERBYSHIRE, E. ; GREGORY, K. J. ; HAILS, J. R. **Geomorphological Processes.** First published in Britain by Wm Dawson e Sons Ltd. 1980

EVANGELISTA, L. P. **Levantamento de Impactos Ambientais em Nascentes: A Bacia Hidrográfica do Córrego Marinheiro, Sete Lagoas - MG.** Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação (Graduação em Geografia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

FILIZZOLA, B. ; MARQUES, C. P. M. ; LEMOS, R. S. ; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. ; COTA, G. E. M.. Considerações e Reflexões Sobre o Quadro de Crise no Abastecimento Público de Água na Região Metropolitana de Belo Horizonte - MG: o Caso da Bacia do Alto Rio das Velhas. **XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Brasília, 2015.

FRANCESCHI, C. P. de. **O novo código florestal e a efetividade das normas ambientais.** Monografia (Especialista em Direito Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

GRANT, G. E.; O'CONNOR, J. E.; WOLMAN, M.G. **A river runs through It Conceptual models in fluvial geomorphology.** In: SHRODER, J; WOLH, E. (Eds.). Treatise on Geomorphology. San Diego, C.A.: Academic Press, 2013, Volume 9 - Fluvial Geomorphology. p. 6–21.

GUERRA, A. T. **Dicionário Geológico Geomorfológico** - 8º edição - Rio de Janeiro: IBGE, 1993.

HOOKE, J. M. **River Meandering.** In:SHRODER, J.; WOLH, E. (Eds.). Treatise on Geomorphology. San Diego, C.A.: Academic Press, 2013, Volume 9 - Fluvial Geomorphology. p. 260–288.

Huggett, R. J. **Fundamentals of geomorphology**. Routledge. Simultaneously published in the USA and Canada, 2011.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Sete Lagoas. **IBGE Cidades**. 2019. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/sete-lagoas/panorama>>. Acesso em: Maio de 2020.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Manual técnico de geomorfologia**, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. – 2. ed. - Rio de Janeiro : IBGE, 2009.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Manual técnico de pedologia**, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. – 2. ed. - Rio de Janeiro : IBGE, 2007.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA e Serviço Geológico do Brasil - CPRM. **Síntese da geologia, recursos minerais e geomorfologia**; organizado por Haroldo S. Viana, Volmir P. Tavares, Prof. Heinz Charles Kohler. – Belo Horizonte: IBAMA/CPRM, 1998.

Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. **Série temporal de dados climáticos**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=agrometeorologia/balancoHidricoClimatico>> Acesso: Junho de 2020.

Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. **Dados climáticos - Estação Sete Lagoas**. Disponível em: <<https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A569>> Acesso: Janeiro de 2021.

KUNTZ, E. R. **Área de Preservação Permanente e Reserva Legal no Município de Derrubadas - RS**. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação (Graduação em Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Três Passos, 2011.

LEÃO, M. S. **Diagnóstico Climático e Estudos das Variações termo-higrométricas do Município de Sete Lagoas – MG**. 2008. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. Departamento de Geografia. Belo Horizonte – 2008.

LEOPOLD, L. B.; WOLMAN, M. G. **River Channel Patterns: Braided, Meandering and Straight**. U.S. Geological Survey, Washington, p. 39-85, 1957.

LEOPOLD, L. B.; WOLMAN, M. G.; MILLER, J. P. **Fluvial Processes in Geomorphology**. San Francisco: Freeman and Company, 1964. 522 p.

LEPSCH, I. F. **19 Lições de Pedologia**. São Paulo : Oficina de textos, 2011.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. 2º ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. **Geomorfologia**. Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. **Geomorfologia das Áreas Intertropicais**. Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. **Geomorfologia Fluvial**. Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. **Geografia e Recursos Hídricos**. Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. ; LEMOS, R. S. ; COTA, G. E. M. **Contradições e Desafios de Operacionalização das Áreas de Proteção de Mananciais (APEs) de Minas Gerais - Reflexões a partir dos casos das APEs Rio Manso e Cercadinho**. Belém, 2014.
Disponível em:
<<http://anpur.org.br/app-urbana-2014/anais/ARQUIVOS/GT3-165-34-20140523124544.pdf>>
Acesso: Abril de 2020.

MARTINS, F. P. **Conceito, Proteção Ambiental e Morfogênese de Chapadas no Brasil**. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte, 2018.

MONTEIRO, H. C. **Uso da Terra e Variações de Temperatura e Umidade Relativa do Ar na Bacia do Córrego Marinho, Sete Lagoas - MG**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

NASCIMENTO, R. S. **Análise de Bacias Sedimentares**. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Sem data. Disponível em : <http://www.aedmoodle.ufpa.br/pluginfile.php/348599/mod_folder/content/0/Geologia%20Geral_Parte%20IV.pdf?forcedownload=1>. Acesso em: Outubro de 2020.

NOGUEIRA, M. **A Autonomia de uma Cidade Média Sete Lagoas (MG)**. Revista Geografia, Rio Claro, Vol. 24, 1999. Disponível em: <<https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/2308>>. Acesso em: Janeiro de 2021.

OLIVEIRA, A. R. de. **Relações Solo-paisagem e Modelo de Predição de Solos da Bacia do Córrego Marinho, Sete Lagoas (MG)**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

PALMIER, E. L. Erosion. In: GOUDIE, A. S. **Encyclopedia of Geomorphology**. Routledge Ltd. Simultaneously published in the USA and Canada, 2004. p. 331 - 336.

PEDRAS, K. C. **Mapeamento geomorfológico como subsídio à análise da dinâmica hidrológica da bacia hidrográfica do córrego Marinho, Sete Lagoas (MG)**. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação (Graduação em Geografia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

PENTEADO, M. M. **Fundamentos de Geomorfologia** - 3ª edição. Rio de Janeiro: IBGE, 1983.

PFALTZGRAFF, P. A.S. ; FERREIRA, R. V. ; MAIA, M. A.M. ; BUENO, R. F. ; MIRANDA, F. S. F. In: Silva, C. R. **Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o**

presente e prever o futuro / editor: Cassio Roberto da Silva. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. p. 135 - 146.

PIRES, J. S. R.; SANTOS J. E. D.; DEL PRETTE, M. E. **A Utilização do Conceito de Bacia Hidrográfica para a Conservação dos Recursos Naturais**. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. (Eds.). **Conceitos de bacias hidrográficas : teorias e aplicações**. Ilheus/BA, 2002. p. 17–36.

PRESS, F; GROTZINGER, J.; SIEVER, R.; JORDAN, T. H.; MENEGAT, R.; FERNANDES, P. C. D; FERNANDES, L. A. D; PORCHER, C. C. **Para entender a Terra**. 4º edição. Porto Alegre: Bookman, 2006.

REIS, M. O.; MOURA, A. C. M. B. de; COTA, G. E. M.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. **Panorama dos rompimentos de barragens de rejeitos de minério no mundo**, Belo Horizonte, Caderno de Geografia, v.30, n.61, 2020. Disponível em: <seer.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/22380/16633>. Acesso em: Setembro de 2020.

RENNÓ, C. D. **Construção de um Sistema de Análise e Simulação Hidrológica: Aplicação a Bacias Hidrográficas**. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - São José dos Campos, 2004.

RESENDE, M.; CURTI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia: Base Para Distinção de Ambientes**. Viçosa: NEPUT, 1999.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento** 8. Ed. – São Paulo. Editora Contexto, 2005.

ROSS, J. L. S. **Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados**. Departamento de geografia - FFLCH. Universidade de São Paulo, 1993.

SALIS, H. H. C. de. **Modelagem Hidrológica Para a Bacia Hidrográfica do Córrego Marinheiro, Sete Lagoas - MG**. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

SAMPAIO, J. D.; SILVA, S. A. M.; VIANA, J. H. M. V. **Mapa litológico preliminar da bacia do córrego Marinheiro**. Belo Horizonte: [s.d.], 2016. Mapa litológico. Arquivos vetoriais armazenados em memória flash portátil. Não publicado.

SANTOS, D. de F. M. dos. **Dinâmica do uso e cobertura do solo nos municípios de Sete Lagoas e Prudente de Morais – MG: uma análise espacial do crescimento urbano**. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

SANTOS, G. B. dos. **Geomorfologia Fluvial no Alto Vale do Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero - MG: Paleoníveis Depositionais e a Dinâmica Atual**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

SANTOS, J. B. dos. **ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE COMO INSTRUMENTO PARA CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS: Estudo de caso na Região Metropolitana de Goiânia, Goiás**. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2019.

SETE LAGOAS, **Lei Complementar Nº 227**, de 04 de Outubro de 2019. Cria Área de Proteção Ambiental, APA Córrego do Marinheiro, e o Zoneamento Ecológico Econômico no Município de Sete Lagoas e dá outras Providências. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/mg/s/sete-lagoas/lei-complementar/2019/23/227/lei-complementar-n-227-2019-cria-area-de-protecao-ambiental-apa-corrego-do-marinheiro-e-o-zoneamento-ecologico-economico-no-municipio-de-sete-lagoas-e-da-outras-providencias>>. Acesso em: Abril de 2021.

SOARES, S. A. **Gestão de Recursos Hídricos**. Curitiba. InterSaberes, 2015.

STEVANUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia Fluvial**. V.3 - São Paulo. Oficina de Textos, 2017.

TRICART, J. Ecodinâmica. Rio de Janeiro. IBGE, 1977.

TULLER, M. P. **Carta geológica**. Programa Geologia do Brasil. Serviço geológico do Brasil - CPRM, 2009.

VALADÃO, Roberto Célio. **A Vertente: uma categoria fundamental das investigações geomorfológicas**. Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

VALE, V. L. do. **Reconstituição da Calha natural do Reservatório da PCH Salto do Paraopeba**. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

VALERA, C. A. **Avaliação do novo código florestal : as áreas de preservação permanente – APPs, e a conservação da qualidade da água superficial**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2017.

VALERIANO, M. M. **TOPODATA: Guia para Utilização de Dados Geomorfológicos Locais**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - São José dos Campos, 2008.

TEIXEIRA, W; TOLEDO, M. C. M. de; FAIRCHILD, T. R; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. São Paulo, Oficina de textos, 2001.

ANEXO II - Protocolo de Avaliação Rápido de Rios (PAR) aplicado nos quatro pontos de análise durante a estação seca.

Ponto de análise 1. Tabela 1: Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas. Fonte: Callisto et al. (2002) modificado do protocolo da Agência de Proteção Ambiental de Ohio (EUA) (EPA,1987).

DESCRIÇÃO DO AMBIENTE			
Localização: Fazenda Paredão (áreas de cabeceira)			
Data da coleta: 25/10/2020		Hora da Coleta: 08:15 horas	
Tempo (situação do dia): Predominantemente ensolarado com poucas nuvens.			
Modo de coleta (coletor): Presencial (Klinsmann - geógrafo)			
Tipo de ambiente: Córrego (X) Rio ()			
Largura média: 1 metro			
Profundidade média: 08 cm			
Temperatura da água: 22.3°C			
PARÂMETROS	PONTUAÇÃO		
	4 PONTOS	2 PONTOS	0 PONTO
1. Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade)	Vegetação natural	Campo de pastagem/ agricultura/ monocultura/ reflorestamento	Residencial/ comercial/ industrial
2. Erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito	Ausente	Moderada	Acelerada
3. Alterações antrópicas	Ausente	Alterações de origem doméstica (esgoto, lixo)	Alterações de origem industrial/ urbana (fábricas, siderurgias, canalização, retificação do curso do rio)

4. Cobertura vegetal no leito	Parcial	Total	Ausente
5. Odor da água	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/industrial
6. Oleosidade da água	Ausente	Moderada	Abundante
7. Transparência da água	Transparente	Turva/ cor de chá-forte	Opaca ou colorida
8. Odor do sedimento (fundo)	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/industrial
9. Oleosidade do fundo	Ausente	Moderado	Abundante
10. Tipo de fundo	Pedras cascalho	Lama/ areia	Cimento/ canalizado

Ponto de análise 1. Tabela 2: Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas. Fonte: Callisto et al. (2002) modificado do protocolo de Hannaford et al. (1997).

PARÂMETROS	PONTUAÇÃO			
	5 PONTOS	3 PONTOS	2 PONTOS	0 PONTO
11. Tipos de fundo	Mais de 50% com habitats diversificados; pedaços de troncos submersos; cascalho ou outros habitats estáveis.	30 a 50% de habitats diversificados; habitats adequados para a manutenção das populações de organismos aquáticos.	10 a 30% de habitats diversificados; disponibilidades de habitats insuficientes; substratos frequentemente modificados.	Menos que 10% de habitats diversificados; ausência de habitats óbvia; substrato rochoso instável para fixação dos organismos.
12. Extensão de rápidos	Rápidos e corredeiras bem desenvolvidas; rápidos tão largos quanto o rio e com o comprimento igual ao dobro da largura do rio.	Rápidos com a largura igual a do rio, mas com comprimento menor que o dobro da largura do rio.	Trechos rápidos podem estar ausentes; rápidos não tão largos quanto o rio e seu comprimento menor que o dobro da largura do rio.	Rápidos ou corredeiras inexistentes.
13. Frequência de rápidos	Rápidos relativamente	Rápidos não frequentes;	Rápidos ou corredeiras	Geralmente com lâmina

	frequentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 5 e 7.	distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 7 e 15.	ocasionais; habitats formados pelos contornos do fundo; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 15 e 25.	d'água "lisa" ou com rápidos rasos; pobreza de habitats; distância entre rápidos dividida pela largura do rio maior que 25.
14. Tipos de substrato	Seixos abundantes (prevalecendo em nascentes).	Seixos abundantes; cascalho comum.	Fundo formado predominantemente por cascalho; alguns seixos presentes	Fundo pedregoso; seixos ou lamoso.
15. Deposição de lama	Entre 0 e 25% do fundo coberto por lama.	Entre 25 e 50% do fundo coberto por lama.	Entre 50 e 75% do fundo coberto por lama.	Mais de 75% do fundo coberto por lama.
16. Depósitos sedimentares	Menos de 5% do fundo com deposição de lama; ausência de deposição nos remansos	Alguma evidência de modificação no fundo, principalmente como aumento de cascalho, areia ou lama; 5 a 30% do fundo afetado; suave deposição nos remansos.	Deposição moderada de cascalho novo, areia ou lama nas margens; entre 30 e 50% do fundo afetado; deposição moderada nos remansos.	Grandes depósitos de lama, maior desenvolvimento das margens; mais de 50% do fundo modificado; remansos ausentes devido a significativa deposição de sedimentos
17. Alterações no canal do rio	Canalização (retificação) ou dragagem ausente ou mínima; rio com padrão normal.	Alguma canalização presente, normalmente próxima a construção de pontes; evidência de modificações a mais de 20 anos.	Alguma modificação presente nas duas margens; 40 a 80% do rio modificado.	margens modificadas acima de 80% do rio modificado.
18. Características	Fluxo relativamente	Lâmina d'água acima de 75%	Lâmina d'água entre 25 e 75%	Lâmina d'água escassa e

do fluxo das águas	igual em toda a largura do rio; mínima quantidade de substrato exposta.	do canal do rio; ou menos de 25% do substrato exposto.	do canal do rio, e/ou maior parte do substrato nos "rápidos" exposto.	presente apenas nos remansos.
19. Presença de mata ciliar	Acima de 90% com vegetação ripária nativa, incluindo árvores, arbustos ou macrófitas; mínima evidência de desflorestamento; todas as plantas atingindo a altura "normal"	Entre 70 e 90% com vegetação ripária nativa; desflorestamento evidente mas não afetando o desenvolvimento da vegetação; maioria das plantas atingindo a altura "normal"	Entre 50 e 70% com vegetação ripária nativa; desflorestamento óbvio; trechos com solo exposto ou vegetação eliminada; menos da metade das plantas atingindo a altura "normal"	Menos de 50% da mata ciliar nativa; desflorestamento muito acentuado.
20. Estabilidade das margens	Margens estáveis; evidência de erosão mínima ou ausente; pequeno potencial para problemas futuros. Menos de 5% da margem afetada.	Moderadamente estáveis; pequenas áreas de erosão frequentes. Entre 5 e 30% da margem com erosão.	Moderadamente instável; entre 30 e 60% da margem com erosão. risco elevado de erosão durante enchentes.	Instável; muitas áreas com erosão; frequentes áreas descobertas nas curvas do rio; erosão óbvia entre 60 e 100% da margem.
21. Extensão de mata ciliar	Largura da vegetação ripária maior que 18m; sem influência de atividades antrópicas (agropecuária, estradas, etc.).	Largura da vegetação ripária entre 12 e 18m; mínima influência antrópica.	Largura da vegetação ripária entre 6 e 12m; influência antrópica intensa.	Largura da vegetação ripária menor que 6m; vegetação restrita ou ausente devido a atividade antrópica.
22. Presença de plantas aquáticas	Pequenas macrófitas aquáticas e/ou musgos distribuídos pelo leito.	Macrófitas aquáticas ou algas filamentosas ou musgos distribuídas no rio, substrato	Algas filamentosas ou macrófitas em poucas pedras ou alguns remansos,	Ausência de vegetação aquática no leito do rio ou grandes bancos macrófitas (p.

		com perifiton.	perifiton abundante e biofilme.	ex. aguapé).
--	--	----------------	---------------------------------	--------------

Ponto de análise 2. Tabela 1: Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas. Fonte: Callisto et al. (2002) modificado do protocolo da Agência de Proteção Ambiental de Ohio (EUA) (EPA, 1987).

DESCRIÇÃO DO AMBIENTE			
Localização: Ponte			
Data da coleta: 25/10/2020		Hora da Coleta: 09:15h	
Tempo (situação do dia): Predominantemente ensolarado com poucas nuvens			
Modo de coleta (coletor): Presencial (Klinsmann - geógrafo)			
Tipo de ambiente: Córrego (X) Rio ()			
Largura média: 3 metros			
Profundidade média: 45 centímetros			
Temperatura da água: 20.2°C			
PARÂMETROS	PONTUAÇÃO		
	4 PONTOS	2 PONTOS	0 PONTO
1. Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade)	Vegetação natural	Campo de pastagem/ agricultura/ monocultura/ reflorestamento	Residencial/ comercial/ industrial
2. Erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito	Ausente	Moderada	Acelerada
3. Alterações antrópicas	Ausente	Alterações de origem doméstica (esgoto, lixo)	Alterações de origem industrial/ urbana (fábricas, siderurgias, canalização, retificação do curso do rio)

4. Cobertura vegetal no leito	Parcial	Total	Ausente
5. Odor da água	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/industrial
6. Oleosidade da água	Ausente	Moderada	Abundante
7. Transparência da água	Transparente	Turva/ cor de chá-forte	Opaca ou colorida
8. Odor do sedimento (fundo)	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/industrial
9. Oleosidade do fundo	Ausente	Moderado	Abundante
10. Tipo de fundo	Pedras cascalho	Lama/ areia	Cimento/ canalizado

Ponto de análise 2. Tabela 2: Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas. Fonte: Callisto et al. (2002) modificado do protocolo de Hannaford et al. (1997).

PARÂMETROS	PONTUAÇÃO			
	5 PONTOS	3 PONTOS	2 PONTOS	0 PONTO
11. Tipos de fundo	Mais de 50% com habitats diversificados; pedaços de troncos submersos; cascalho ou outros habitats estáveis.	30 a 50% de habitats diversificados; habitats adequados para a manutenção das populações de organismos aquáticos.	10 a 30% de habitats diversificados; disponibilidades de habitats insuficientes; substratos frequentemente modificados.	Menos que 10% de habitats diversificados; ausência de habitats óbvia; substrato rochoso instável para fixação dos organismos.
12. Extensão de rápidos	Rápidos e corredeiras bem desenvolvidas; rápidos tão largos quanto o rio e com o comprimento igual ao dobro da largura do rio.	Rápidos com a largura igual a do rio, mas com comprimento menor que o dobro da largura do rio.	Trechos rápidos podem estar ausentes; rápidos não tão largos quanto o rio e seu comprimento menor que o dobro da largura do rio.	Rápidos ou corredeiras inexistentes.
13. Frequência de rápidos	Rápidos relativamente	Rápidos não frequentes;	Rápidos ou corredeiras	Geralmente com lâmina

	frequentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 5 e 7.	distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 7 e 15.	ocasionais; habitats formados pelos contornos do fundo; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 15 e 25.	d'água "lisa" ou com rápidos rasos; pobreza de habitats; distância entre rápidos dividida pela largura do rio maior que 25.
14. Tipos de substrato	Seixos abundantes (prevalecendo em nascentes).	Seixos abundantes; cascalho comum.	Fundo formado predominantemente por cascalho; alguns seixos presentes	Fundo pedregoso; seixos ou lamoso.
15. Deposição de lama	Entre 0 e 25% do fundo coberto por lama.	Entre 25 e 50% do fundo coberto por lama.	Entre 50 e 75% do fundo coberto por lama.	Mais de 75% do fundo coberto por lama.
16. Depósitos sedimentares	Menos de 5% do fundo com deposição de lama; ausência de deposição nos remansos	Alguma evidência de modificação no fundo, principalmente como aumento de cascalho, areia ou lama; 5 a 30% do fundo afetado; suave deposição nos remansos.	Deposição moderada de cascalho novo, areia ou lama nas margens; entre 30 e 50% do fundo afetado; deposição moderada nos remansos.	Grandes depósitos de lama, maior desenvolvimento das margens; mais de 50% do fundo modificado; remansos ausentes devido a significativa deposição de sedimentos
17. Alterações no canal do rio	Canalização (retificação) ou dragagem ausente ou mínima; rio com padrão normal.	Alguma canalização presente, normalmente próxima a construção de pontes; evidência de modificações a mais de 20 anos.	Alguma modificação presente nas duas margens; 40 a 80% do rio modificado.	margens modificadas acima de 80% do rio modificado.
18. Características	Fluxo relativamente	Lâmina d'água acima de 75%	Lâmina d'água entre 25 e 75%	Lâmina d'água escassa e

do fluxo das águas	igual em toda a largura do rio; mínima quantidade de substrato exposta.	do canal do rio; ou menos de 25% do substrato exposto.	do canal do rio, e/ou maior parte do substrato nos "rápidos" exposto.	presente apenas nos remansos.
19. Presença de mata ciliar	Acima de 90% com vegetação ripária nativa, incluindo árvores, arbustos ou macrófitas; mínima evidência de desflorestamento; todas as plantas atingindo a altura "normal"	Entre 70 e 90% com vegetação ripária nativa; desflorestamento evidente mas não afetando o desenvolvimento da vegetação; maioria das plantas atingindo a altura "normal"	Entre 50 e 70% com vegetação ripária nativa; desflorestamento óbvio; trechos com solo exposto ou vegetação eliminada; menos da metade das plantas atingindo a altura "normal"	Menos de 50% da mata ciliar nativa; desflorestamento muito acentuado.
20. Estabilidade das margens	Margens estáveis; evidência de erosão mínima ou ausente; pequeno potencial para problemas futuros. Menos de 5% da margem afetada.	Moderadamente estáveis; pequenas áreas de erosão frequentes. Entre 5 e 30% da margem com erosão.	Moderadamente instável; entre 30 e 60% da margem com erosão. risco elevado de erosão durante enchentes.	Instável; muitas áreas com erosão; frequentes áreas descobertas nas curvas do rio; erosão óbvia entre 60 e 100% da margem.
21. Extensão de mata ciliar	Largura da vegetação ripária maior que 18m; sem influência de atividades antrópicas (agropecuária, estradas, etc.).	Largura da vegetação ripária entre 12 e 18m; mínima influência antrópica.	Largura da vegetação ripária entre 6 e 12m; influência antrópica intensa.	Largura da vegetação ripária menor que 6m; vegetação restrita ou ausente devido a atividade antrópica.
22. Presença de plantas aquáticas	Pequenas macrófitas aquáticas e/ou musgos distribuídos pelo leito.	Macrófitas aquáticas ou algas filamentosas ou musgos distribuídas no rio, substrato	Algas filamentosas ou macrófitas em poucas pedras ou alguns remansos,	Ausência de vegetação aquática no leito do rio ou grandes bancos macrófitas (p.

		com perifiton.	perifiton abundante e biofilme.	ex. aguapé).
--	--	----------------	---------------------------------	--------------

Ponto de análise 3. Tabela 1: Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas. Fonte: Callisto et al. (2002) modificado do protocolo da Agência de Proteção Ambiental de Ohio (EUA) (EPA,1987).

DESCRIÇÃO DO AMBIENTE			
Localização: Jusante do Barramento - Baiana			
Data da coleta: 25/10/2020		Hora da Coleta: 10:00h	
Tempo (situação do dia): Predominantemente ensolarado com algumas nuvens			
Modo de coleta (coletor): Presencial (Klinsmann - Geógrafo)			
Tipo de ambiente: Córrego (X) Rio ()			
Largura média: 1 metro			
Profundidade média: 10cm			
Temperatura da água: 22.6°C			
PARÂMETROS	PONTUAÇÃO		
	4 PONTOS	2 PONTOS	0 PONTO
1. Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade)	Vegetação natural	Campo de pastagem/ agricultura/ monocultura/ reflorestamento	Residencial/ comercial/ industrial
2. Erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito	Ausente	Moderada	Acelerada
3. Alterações antrópicas	Ausente	Alterações de origem doméstica (esgoto, lixo)	Alterações de origem industrial/ urbana (fábricas, siderurgias, canalização, retilinização do curso do rio)

4. Cobertura vegetal no leito	Parcial	Total	Ausente
5. Odor da água	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/industrial
6. Oleosidade da água	Ausente	Moderada	Abundante
7. Transparência da água	Transparente	Turva/ cor de chá-forte	Opaca ou colorida
8. Odor do sedimento (fundo)	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/industrial
9. Oleosidade do fundo	Ausente	Moderado	Abundante
10. Tipo de fundo	Pedras cascalho	Lama/ areia	Cimento/ canalizado

Ponto de análise 3. Tabela 2: Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas. Fonte: Callisto et al. (2002) modificado do protocolo de Hannaford et al. (1997).

PARÂMETROS	PONTUAÇÃO			
	5 PONTOS	3 PONTOS	2 PONTOS	0 PONTO
11. Tipos de fundo	Mais de 50% com habitats diversificados; pedaços de troncos submersos; cascalho ou outros habitats estáveis.	30 a 50% de habitats diversificados; habitats adequados para a manutenção das populações de organismos aquáticos.	10 a 30% de habitats diversificados; disponibilidades de habitats insuficientes; substratos frequentemente modificados.	Menos que 10% de habitats diversificados; ausência de habitats óbvia; substrato rochoso instável para fixação dos organismos.
12. Extensão de rápidos	Rápidos e corredeiras bem desenvolvidas; rápidos tão largos quanto o rio e com o comprimento igual ao dobro da largura do rio.	Rápidos com a largura igual a do rio, mas com comprimento menor que o dobro da largura do rio.	Trechos rápidos podem estar ausentes; rápidos não tão largos quanto o rio e seu comprimento menor que o dobro da largura do rio.	Rápidos ou corredeiras inexistentes.
13. Frequência de rápidos	Rápidos relativamente	Rápidos não frequentes;	Rápidos ou corredeiras	Geralmente com lâmina

	frequentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 5 e 7.	distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 7 e 15.	ocasionais; habitats formados pelos contornos do fundo; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 15 e 25.	d'água "lisa" ou com rápidos rasos; pobreza de habitats; distância entre rápidos dividida pela largura do rio maior que 25.
14. Tipos de substrato	Seixos abundantes (prevalecendo em nascentes).	Seixos abundantes; cascalho comum.	Fundo formado predominantemente por cascalho; alguns seixos presentes	Fundo pedregoso; seixos ou lamoso.
15. Deposição de lama	Entre 0 e 25% do fundo coberto por lama.	Entre 25 e 50% do fundo coberto por lama.	Entre 50 e 75% do fundo coberto por lama.	Mais de 75% do fundo coberto por lama.
16. Depósitos sedimentares	Menos de 5% do fundo com deposição de lama; ausência de deposição nos remansos	Alguma evidência de modificação no fundo, principalmente como aumento de cascalho, areia ou lama; 5 a 30% do fundo afetado; suave deposição nos remansos.	Deposição moderada de cascalho novo, areia ou lama nas margens; entre 30 e 50% do fundo afetado; deposição moderada nos remansos.	Grandes depósitos de lama, maior desenvolvimento das margens; mais de 50% do fundo modificado; remansos ausentes devido a significativa deposição de sedimentos
17. Alterações no canal do rio	Canalização (retificação) ou dragagem ausente ou mínima; rio com padrão normal.	Alguma canalização presente, normalmente próxima a construção de pontes; evidência de modificações a mais de 20 anos.	Alguma modificação presente nas duas margens; 40 a 80% do rio modificado.	margens modificadas acima de 80% do rio modificado.
18. Características	Fluxo relativamente	Lâmina d'água acima de 75%	Lâmina d'água entre 25 e 75%	Lâmina d'água escassa e

do fluxo das águas	igual em toda a largura do rio; mínima quantidade de substrato exposta.	do canal do rio; ou menos de 25% do substrato exposto.	do canal do rio, e/ou maior parte do substrato nos "rápidos" exposto.	presente apenas nos remansos.
19. Presença de mata ciliar	Acima de 90% com vegetação ripária nativa, incluindo árvores, arbustos ou macrófitas; mínima evidência de desflorestamento; todas as plantas atingindo a altura "normal"	Entre 70 e 90% com vegetação ripária nativa; desflorestamento evidente mas não afetando o desenvolvimento da vegetação; maioria das plantas atingindo a altura "normal"	Entre 50 e 70% com vegetação ripária nativa; desflorestamento óbvio; trechos com solo exposto ou vegetação eliminada; menos da metade das plantas atingindo a altura "normal"	Menos de 50% da mata ciliar nativa; desflorestamento muito acentuado.
20. Estabilidade das margens	Margens estáveis; evidência de erosão mínima ou ausente; pequeno potencial para problemas futuros. Menos de 5% da margem afetada.	Moderadamente estáveis; pequenas áreas de erosão frequentes. Entre 5 e 30% da margem com erosão.	Moderadamente instável; entre 30 e 60% da margem com erosão. risco elevado de erosão durante enchentes.	Instável; muitas áreas com erosão; frequentes áreas descobertas nas curvas do rio; erosão óbvia entre 60 e 100% da margem.
21. Extensão de mata ciliar	Largura da vegetação ripária maior que 18m; sem influência de atividades antrópicas (agropecuária, estradas, etc.).	Largura da vegetação ripária entre 12 e 18m; mínima influência antrópica.	Largura da vegetação ripária entre 6 e 12m; influência antrópica intensa.	Largura da vegetação ripária menor que 6m; vegetação restrita ou ausente devido a atividade antrópica.
22. Presença de plantas aquáticas	Pequenas macrófitas aquáticas e/ou musgos distribuídos pelo leito.	Macrófitas aquáticas ou algas filamentosas ou musgos distribuídas no rio, substrato	Algas filamentosas ou macrófitas em poucas pedras ou alguns remansos,	Ausência de vegetação aquática no leito do rio ou grandes bancos macrófitas (p.

		com perifiton.	perifiton abundante e biofilme.	ex. aguapé).
--	--	----------------	---------------------------------	--------------

Ponto de análise 4. Tabela 1: Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas. Fonte: Callisto et al. (2002) modificado do protocolo da Agência de Proteção Ambiental de Ohio (EUA) (EPA, 1987).

DESCRIÇÃO DO AMBIENTE			
Localização: Ferrovia (acima do córrego)			
Data da coleta: 25/10/2020		Hora da Coleta: 10:50h	
Tempo (situação do dia): Predominantemente ensolarado com muitas nuvens			
Modo de coleta (coletor): Presencial (Klinsmann - Geógrafo)			
Tipo de ambiente: Córrego (X) Rio ()			
Largura média: 3 metros			
Profundidade média: 80 centímetros			
Temperatura da água: 22°C			
PARÂMETROS	PONTUAÇÃO		
	4 PONTOS	2 PONTOS	0 PONTO
1. Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade)	Vegetação natural	Campo de pastagem/ agricultura/ monocultura/ reflorestamento	Residencial/ comercial/ industrial
2. Erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito	Ausente	Moderada	Acelerada
3. Alterações antrópicas	Ausente	Alterações de origem doméstica (esgoto, lixo)	Alterações de origem industrial/ urbana (fábricas, siderurgias, canalização, retificação do curso do rio)

4. Cobertura vegetal no leito	Parcial	Total	Ausente
5. Odor da água	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/industrial
6. Oleosidade da água	Ausente	Moderada	Abundante
7. Transparência da água	Transparente	Turva/ cor de chá-forte	Opaca ou colorida
8. Odor do sedimento (fundo)	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/industrial
9. Oleosidade do fundo	Ausente	Moderado	Abundante
10. Tipo de fundo	Pedras cascalho	Lama/ areia	Cimento/ canalizado

Ponto de análise 4. Tabela 2: Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas. Fonte: Callisto et al. (2002) modificado do protocolo de Hannaford et al. (1997).

PARÂMETROS	PONTUAÇÃO			
	5 PONTOS	3 PONTOS	2 PONTOS	0 PONTO
11. Tipos de fundo	Mais de 50% com habitats diversificados; pedaços de troncos submersos; cascalho ou outros habitats estáveis.	30 a 50% de habitats diversificados; habitats adequados para a manutenção das populações de organismos aquáticos.	10 a 30% de habitats diversificados; disponibilidades de habitats insuficientes; substratos frequentemente modificados.	Menos que 10% de habitats diversificados; ausência de habitats óbvia; substrato rochoso instável para fixação dos organismos.
12. Extensão de rápidos	Rápidos e corredeiras bem desenvolvidas; rápidos tão largos quanto o rio e com o comprimento igual ao dobro da largura do rio.	Rápidos com a largura igual a do rio, mas com comprimento menor que o dobro da largura do rio.	Trechos rápidos podem estar ausentes; rápidos não tão largos quanto o rio e seu comprimento menor que o dobro da largura do rio.	Rápidos ou corredeiras inexistentes.
13. Frequência de rápidos	Rápidos relativamente	Rápidos não frequentes;	Rápidos ou corredeiras	Geralmente com lâmina

	frequentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 5 e 7.	distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 7 e 15.	ocasionais; habitats formados pelos contornos do fundo; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 15 e 25.	d'água "lisa" ou com rápidos rasos; pobreza de habitats; distância entre rápidos dividida pela largura do rio maior que 25.
14. Tipos de substrato	Seixos abundantes (prevalecendo em nascentes).	Seixos abundantes; cascalho comum.	Fundo formado predominantemente por cascalho; alguns seixos presentes	Fundo pedregoso; seixos ou lamoso.
15. Deposição de lama	Entre 0 e 25% do fundo coberto por lama.	Entre 25 e 50% do fundo coberto por lama.	Entre 50 e 75% do fundo coberto por lama.	Mais de 75% do fundo coberto por lama.
16. Depósitos sedimentares	Menos de 5% do fundo com deposição de lama; ausência de deposição nos remansos	Alguma evidência de modificação no fundo, principalmente como aumento de cascalho, areia ou lama; 5 a 30% do fundo afetado; suave deposição nos remansos.	Deposição moderada de cascalho novo, areia ou lama nas margens; entre 30 e 50% do fundo afetado; deposição moderada nos remansos.	Grandes depósitos de lama, maior desenvolvimento das margens; mais de 50% do fundo modificado; remansos ausentes devido a significativa deposição de sedimentos
17. Alterações no canal do rio	Canalização (retificação) ou dragagem ausente ou mínima; rio com padrão normal.	Alguma canalização presente, normalmente próxima a construção de pontes; evidência de modificações a mais de 20 anos.	Alguma modificação presente nas duas margens; 40 a 80% do rio modificado.	margens modificadas acima de 80% do rio modificado.
18. Características	Fluxo relativamente	Lâmina d'água acima de 75%	Lâmina d'água entre 25 e 75%	Lâmina d'água escassa e

do fluxo das águas	igual em toda a largura do rio; mínima quantidade de substrato exposta.	do canal do rio; ou menos de 25% do substrato exposto.	do canal do rio, e/ou maior parte do substrato nos "rápidos" exposto.	presente apenas nos remansos.
19. Presença de mata ciliar	Acima de 90% com vegetação ripária nativa, incluindo árvores, arbustos ou macrófitas; mínima evidência de desflorestamento; todas as plantas atingindo a altura "normal"	Entre 70 e 90% com vegetação ripária nativa; desflorestamento evidente mas não afetando o desenvolvimento da vegetação; maioria das plantas atingindo a altura "normal"	Entre 50 e 70% com vegetação ripária nativa; desflorestamento óbvio; trechos com solo exposto ou vegetação eliminada; menos da metade das plantas atingindo a altura "normal"	Menos de 50% da mata ciliar nativa; desflorestamento muito acentuado.
20. Estabilidade das margens	Margens estáveis; evidência de erosão mínima ou ausente; pequeno potencial para problemas futuros. Menos de 5% da margem afetada.	Moderadamente estáveis; pequenas áreas de erosão frequentes. Entre 5 e 30% da margem com erosão.	Moderadamente instável; entre 30 e 60% da margem com erosão. risco elevado de erosão durante enchentes.	Instável; muitas áreas com erosão; frequentes áreas descobertas nas curvas do rio; erosão óbvia entre 60 e 100% da margem.
21. Extensão de mata ciliar	Largura da vegetação ripária maior que 18m; sem influência de atividades antrópicas (agropecuária, estradas, etc.).	Largura da vegetação ripária entre 12 e 18m; mínima influência antrópica.	Largura da vegetação ripária entre 6 e 12m; influência antrópica intensa.	Largura da vegetação ripária menor que 6m; vegetação restrita ou ausente devido a atividade antrópica.
22. Presença de plantas aquáticas	Pequenas macrófitas aquáticas e/ou musgos distribuídos pelo leito.	Macrófitas aquáticas ou algas filamentosas ou musgos distribuídas no rio, substrato	Algas filamentosas ou macrófitas em poucas pedras ou alguns remansos,	Ausência de vegetação aquática no leito do rio ou grandes bancos macrófitas (p.

		com perifiton.	perifiton abundante e biofilme.	ex. aguapé).
--	--	----------------	---------------------------------	--------------

ANEXO III - Protocolo de Avaliação Rápido de Rios (PAR) aplicado nos quatro pontos de análise durante a estação chuvosa.

Ponto de análise 1. Tabela 1: Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas. Fonte: Callisto et al. (2002) modificado do protocolo da Agência de Proteção Ambiental de Ohio (EUA) (EPA,1987).

DESCRIÇÃO DO AMBIENTE			
Localização: Fazenda Paredão (áreas de cabeceira)			
Data da coleta: 16/01/2020		Hora da Coleta: 07:41 horas	
Tempo (situação do dia): Nublado.			
Modo de coleta (coletor): Presencial (Klinsmann - geógrafo)			
Tipo de ambiente: Córrego (X) Rio ()			
Largura média: 3 metro			
Profundidade média: 10 cm			
Temperatura da água: 23.7°C			
PARÂMETROS	PONTUAÇÃO		
	4 PONTOS	2 PONTOS	0 PONTO
1. Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade)	Vegetação natural	Campo de pastagem/ agricultura/ monocultura/ reflorestamento	Residencial/ comercial/ industrial
2. Erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito	Ausente	Moderada	Acelerada
3. Alterações antrópicas	Ausente	Alterações de origem doméstica	Alterações de origem industrial/

		(esgoto, lixo)	urbana (fábricas, siderurgias, canalização, retificação do curso do rio)
4. Cobertura vegetal no leito	Parcial	Total	Ausente
5. Odor da água	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/industrial
6. Oleosidade da água	Ausente	Moderada	Abundante
7. Transparência da água	Transparente	Turva/ cor de chá-forte	Opaca ou colorida
8. Odor do sedimento (fundo)	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/industrial
9. Oleosidade do fundo	Ausente	Moderado	Abundante
10. Tipo de fundo	Pedras cascalho	Lama/ areia	Cimento/ canalizado

Ponto de análise 1. Tabela 2: Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas. Fonte: Callisto et al. (2002) modificado do protocolo de Hannaford et al. (1997).

PARÂMETROS	PONTUAÇÃO			
	5 PONTOS	3 PONTOS	2 PONTOS	0 PONTO
11. Tipos de fundo	Mais de 50% com habitats diversificados; pedaços de troncos submersos; cascalho ou outros habitats estáveis.	30 a 50% de habitats diversificados; habitats adequados para a manutenção das populações de organismos aquáticos.	10 a 30% de habitats diversificados; disponibilidades de habitats insuficientes; substratos frequentemente modificados.	Menos que 10% de habitats diversificados; ausência de habitats óbvia; substrato rochoso instável para fixação dos organismos.
12. Extensão de rápidos	Rápidos e corredeiras bem desenvolvidas; rápidos tão largos quanto o rio e com o comprimento	Rápidos com a largura igual a do rio, mas com comprimento menor que o dobro da largura do rio.	Trechos rápidos podem estar ausentes; rápidos não tão largos quanto o rio e seu comprimento	Rápidos ou corredeiras inexistentes.

	igual ao dobro da largura do rio.		menor que o dobro da largura do rio.	
13. Frequência de rápidos	Rápidos relativamente frequentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 5 e 7.	Rápidos não frequentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 7 e 15.	Rápidos ou corredeiras ocasionais; habitats formados pelos contornos do fundo; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 15 e 25.	Geralmente com lâmina d'água "lisa" ou com rápidos rasos; pobreza de habitats; distância entre rápidos dividida pela largura do rio maior que 25.
14. Tipos de substrato	Seixos abundantes (prevalecendo em nascentes).	Seixos abundantes; cascalho comum.	Fundo formado predominantemente por cascalho; alguns seixos presentes	Fundo pedregoso; seixos ou lamoso.
15. Deposição de lama	Entre 0 e 25% do fundo coberto por lama.	Entre 25 e 50% do fundo coberto por lama.	Entre 50 e 75% do fundo coberto por lama.	Mais de 75% do fundo coberto por lama.
16. Depósitos sedimentares	Menos de 5% do fundo com deposição de lama; ausência de deposição nos remansos	Alguma evidência de modificação no fundo, principalmente como aumento de cascalho, areia ou lama; 5 a 30% do fundo afetado; suave deposição nos remansos.	Deposição moderada de cascalho novo, areia ou lama nas margens; entre 30 e 50% do fundo afetado; deposição moderada nos remansos.	Grandes depósitos de lama, maior desenvolvimento das margens; mais de 50% do fundo modificado; remansos ausentes devido a significativa deposição de sedimentos
17. Alterações no canal do rio	Canalização (retificação) ou dragagem ausente ou mínima; rio com padrão normal.	Alguma canalização presente, normalmente próxima a construção de pontes; evidência de	Alguma modificação presente nas duas margens; 40 a 80% do rio modificado.	margens modificadas acima de 80% do rio modificado.

		modificações a mais de 20 anos.		
18. Características do fluxo das águas	Fluxo relativamente igual em toda a largura do rio; mínima quantidade de substrato exposta.	Lâmina d'água acima de 75% do canal do rio; ou menos de 25% do substrato exposto.	Lâmina d'água entre 25 e 75% do canal do rio, e/ou maior parte do substrato nos "rápidos" exposto.	Lâmina d'água escassa e presente apenas nos remansos.
19. Presença de mata ciliar	Acima de 90% com vegetação ripária nativa, incluindo árvores, arbustos ou macrófitas; mínima evidência de desflorestamento; todas as plantas atingindo a altura "normal"	Entre 70 e 90% com vegetação ripária nativa; desflorestamento evidente mas não afetando o desenvolvimento da vegetação; maioria das plantas atingindo a altura "normal"	Entre 50 e 70% com vegetação ripária nativa; desflorestamento óbvio; trechos com solo exposto ou vegetação eliminada; menos da metade das plantas atingindo a altura "normal"	Menos de 50% da mata ciliar nativa; desflorestamento muito acentuado.
20. Estabilidade das margens	Margens estáveis; evidência de erosão mínima ou ausente; pequeno potencial para problemas futuros. Menos de 5% da margem afetada.	Moderadamente estáveis; pequenas áreas de erosão frequentes. Entre 5 e 30% da margem com erosão.	Moderadamente instável; entre 30 e 60% da margem com erosão. risco elevado de erosão durante enchentes.	Instável; muitas áreas com erosão; frequentes áreas descobertas nas curvas do rio; erosão óbvia entre 60 e 100% da margem.
21. Extensão de mata ciliar	Largura da vegetação ripária maior que 18m; sem influência de atividades antrópicas (agropecuária, estradas, etc.).	Largura da vegetação ripária entre 12 e 18m; mínima influência antrópica.	Largura da vegetação ripária entre 6 e 12m; influência antrópica intensa.	Largura da vegetação ripária menor que 6m; vegetação restrita ou ausente devido a atividade antrópica.

22. Presença de plantas aquáticas	Pequenas macrófitas aquáticas e/ou musgos distribuídos pelo leito.	Macrófitas aquáticas ou algas filamentosas ou musgos distribuídas no rio, substrato com perifiton.	Algas filamentosas ou macrófitas em poucas pedras ou alguns remansos, perifiton abundante e biofilme.	Ausência de vegetação aquática no leito do rio ou grandes bancos macrófitas (p. ex. aguapé).
--	--	--	---	--

Ponto de análise 2. Tabela 1: Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas. Fonte: Callisto et al. (2002) modificado do protocolo da Agência de Proteção Ambiental de Ohio (EUA) (EPA,1987).

DESCRIÇÃO DO AMBIENTE			
Localização: Ponte			
Data da coleta: 16/01/2020		Hora da Coleta: 08:57h	
Tempo (situação do dia): Nublado			
Modo de coleta (coletor): Presencial (Klinsmann - geógrafo)			
Tipo de ambiente: Córrego (X) Rio ()			
Largura média: 3 metros			
Profundidade média: 45 centímetros			
Temperatura da água: 23°C			
PARÂMETROS	PONTUAÇÃO		
	4 PONTOS	2 PONTOS	0 PONTO
1. Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade)	Vegetação natural	Campo de pastagem/ agricultura/ monocultura/ reflorestamento	Residencial/ comercial/ industrial
2. Erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito	Ausente	Moderada	Acelerada
3. Alterações	Ausente	Alterações de	Alterações de

antrópicas		origem doméstica (esgoto, lixo)	origem industrial/urbana (fábricas, siderurgias, canalização, retilinização do curso do rio)
4. Cobertura vegetal no leito	Parcial	Total	Ausente
5. Odor da água	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/industrial
6. Oleosidade da água	Ausente	Moderada	Abundante
7. Transparência da água	Transparente	Turva/ cor de chá-forte	Opaca ou colorida
8. Odor do sedimento (fundo)	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/industrial
9. Oleosidade do fundo	Ausente	Moderado	Abundante
10. Tipo de fundo	Pedras cascalho	Lama/ areia	Cimento/ canalizado

Ponto de análise 2. Tabela 2: Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas. Fonte: Callisto et al. (2002) modificado do protocolo de Hannaford et al. (1997).

PARÂMETROS	PONTUAÇÃO			
	5 PONTOS	3 PONTOS	2 PONTOS	0 PONTO
11. Tipos de fundo	Mais de 50% com habitats diversificados; pedaços de troncos submersos; cascalho ou outros habitats estáveis.	30 a 50% de habitats diversificados; habitats adequados para a manutenção das populações de organismos aquáticos.	10 a 30% de habitats diversificados; disponibilidades de habitats insuficientes; substratos frequentemente modificados.	Menos que 10% de habitats diversificados; ausência de habitats óbvia; substrato rochoso instável para fixação dos organismos.
12. Extensão de rápidos	Rápidos e corredeiras bem desenvolvidas; rápidos tão largos quanto o	Rápidos com a largura igual a do rio, mas com comprimento menor que o	Trechos rápidos podem estar ausentes; rápidos não tão largos quanto o	Rápidos ou corredeiras inexistentes.

	rio e com o comprimento igual ao dobro da largura do rio.	dobro da largura do rio.	rio e seu comprimento menor que o dobro da largura do rio.	
13. Frequência de rápidos	Rápidos relativamente frequentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 5 e 7.	Rápidos não frequentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 7 e 15.	Rápidos ou corredeiras ocasionais; habitats formados pelos contornos do fundo; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 15 e 25.	Geralmente com lâmina d'água "lisa" ou com rápidos rasos; pobreza de habitats; distância entre rápidos dividida pela largura do rio maior que 25.
14. Tipos de substrato	Seixos abundantes (prevalecendo em nascentes).	Seixos abundantes; cascalho comum.	Fundo formado predominantemente por cascalho; alguns seixos presentes	Fundo pedregoso; seixos ou lamoso.
15. Deposição de lama	Entre 0 e 25% do fundo coberto por lama.	Entre 25 e 50% do fundo coberto por lama.	Entre 50 e 75% do fundo coberto por lama.	Mais de 75% do fundo coberto por lama.
16. Depósitos sedimentares	Menos de 5% do fundo com deposição de lama; ausência de deposição nos remansos	Alguma evidência de modificação no fundo, principalmente como aumento de cascalho, areia ou lama; 5 a 30% do fundo afetado; suave deposição nos remansos.	Deposição moderada de cascalho novo, areia ou lama nas margens; entre 30 e 50% do fundo afetado; deposição moderada nos remansos.	Grandes depósitos de lama, maior desenvolvimento das margens; mais de 50% do fundo modificado; remansos ausentes devido a significativa deposição de sedimentos
17. Alterações no canal do rio	Canalização (retificação) ou dragagem ausente ou mínima; rio com padrão normal.	Alguma canalização presente, normalmente próxima a construção de	Alguma modificação presente nas duas margens; 40 a 80% do rio modificado.	margens modificadas acima de 80% do rio modificado.

		pontes; evidência de modificações a mais de 20 anos.		
18. Características do fluxo das águas	Fluxo relativamente igual em toda a largura do rio; mínima quantidade de substrato exposta.	Lâmina d'água acima de 75% do canal do rio; ou menos de 25% do substrato exposto.	Lâmina d'água entre 25 e 75% do canal do rio, e/ou maior parte do substrato nos "rápidos" exposto.	Lâmina d'água escassa e presente apenas nos remansos.
19. Presença de mata ciliar	Acima de 90% com vegetação ripária nativa, incluindo árvores, arbustos ou macrófitas; mínima evidência de desflorestamento; todas as plantas atingindo a altura "normal"	Entre 70 e 90% com vegetação ripária nativa; desflorestamento evidente mas não afetando o desenvolvimento da vegetação; maioria das plantas atingindo a altura "normal"	Entre 50 e 70% com vegetação ripária nativa; desflorestamento óbvio; trechos com solo exposto ou vegetação eliminada; menos da metade das plantas atingindo a altura "normal"	Menos de 50% da mata ciliar nativa; desflorestamento muito acentuado.
20. Estabilidade das margens	Margens estáveis; evidência de erosão mínima ou ausente; pequeno potencial para problemas futuros. Menos de 5% da margem afetada.	Moderadamente estáveis; pequenas áreas de erosão frequentes. Entre 5 e 30% da margem com erosão.	Moderadamente instável; entre 30 e 60% da margem com erosão. risco elevado de erosão durante enchentes.	Instável; muitas áreas com erosão; frequentes áreas descobertas nas curvas do rio; erosão óbvia entre 60 e 100% da margem.
21. Extensão de mata ciliar	Largura da vegetação ripária maior que 18m; sem influência de atividades antrópicas (agropecuária,	Largura da vegetação ripária entre 12 e 18m; mínima influência antrópica.	Largura da vegetação ripária entre 6 e 12m; influência antrópica intensa.	Largura da vegetação ripária menor que 6m; vegetação restrita ou ausente devido a atividade

	estradas, etc.).			antrópica.
22. Presença de plantas aquáticas	Pequenas macrófitas aquáticas e/ou musgos distribuídos pelo leito.	Macrófitas aquáticas ou algas filamentosas ou musgos distribuídas no rio, substrato com perifiton.	Algas filamentosas ou macrófitas em poucas pedras ou alguns remansos, perifiton abundante e biofilme.	Ausência de vegetação aquática no leito do rio ou grandes bancos macrófitas (p. ex. aguapé).

Ponto de análise 3. Tabela 1: Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas. Fonte: Callisto et al. (2002) modificado do protocolo da Agência de Proteção Ambiental de Ohio (EUA) (EPA,1987).

DESCRIÇÃO DO AMBIENTE			
Localização: Jusante do Barramento - Baiana			
Data da coleta: 16/01/2020		Hora da Coleta: 10:15h	
Tempo (situação do dia): Nublado			
Modo de coleta (coletor): Presencial (Klinsmann - Geógrafo)			
Tipo de ambiente: Córrego (X) Rio ()			
Largura média: 5 metro			
Profundidade média: 25 centímetros			
Temperatura da água: 23.5°C			
PARÂMETROS	PONTUAÇÃO		
	4 PONTOS	2 PONTOS	0 PONTO
1. Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade)	Vegetação natural	Campo de pastagem/ agricultura/ monocultura/ reflorestamento	Residencial/ comercial/ industrial
2. Erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito	Ausente	Moderada	Acelerada

3. Alterações antrópicas	Ausente	Alterações de origem doméstica (esgoto, lixo)	Alterações de origem industrial/urbana (fábricas, siderurgias, canalização, retificação do curso do rio)
4. Cobertura vegetal no leito	Parcial	Total	Ausente
5. Odor da água	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/industrial
6. Oleosidade da água	Ausente	Moderada	Abundante
7. Transparência da água	Transparente	Turva/ cor de chá-forte	Opaca ou colorida
8. Odor do sedimento (fundo)	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/industrial
9. Oleosidade do fundo	Ausente	Moderado	Abundante
10. Tipo de fundo	Pedras cascalho	Lama/ areia	Cimento/ canalizado

Ponto de análise 3. Tabela 2: Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas. Fonte: Callisto et al. (2002) modificado do protocolo de Hannaford et al. (1997).

PARÂMETROS	PONTUAÇÃO			
	5 PONTOS	3 PONTOS	2 PONTOS	0 PONTO
11. Tipos de fundo	Mais de 50% com habitats diversificados; pedaços de troncos submersos; cascalho ou outros habitats estáveis.	30 a 50% de habitats diversificados; habitats adequados para a manutenção das populações de organismos aquáticos.	10 a 30% de habitats diversificados; disponibilidades de habitats insuficientes; substratos frequentemente modificados.	Menos que 10% de habitats diversificados; ausência de habitats óbvia; substrato rochoso instável para fixação dos organismos.
12. Extensão de rápidos	Rápidos e corredeiras bem desenvolvidas; rápidos tão largos quanto o rio e com o	Rápidos com a largura igual a do rio, mas com comprimento menor que o dobro da	Trechos rápidos podem estar ausentes; rápidos não tão largos quanto o rio e seu	Rápidos ou corredeiras inexistentes.

	comprimento igual ao dobro da largura do rio.	largura do rio.	comprimento menor que o dobro da largura do rio.	
13. Frequência de rápidos	Rápidos relativamente frequentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 5 e 7.	Rápidos não frequentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 7 e 15.	Rápidos ou corredeiras ocasionais; habitats formados pelos contornos do fundo; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 15 e 25.	Geralmente com lâmina d'água "lisa" ou com rápidos rasos; pobreza de habitats; distância entre rápidos dividida pela largura do rio maior que 25.
14. Tipos de substrato	Seixos abundantes (prevalecendo em nascentes).	Seixos abundantes; cascalho comum.	Fundo formado predominantemente por cascalho; alguns seixos presentes	Fundo pedregoso; seixos ou lamoso.
15. Deposição de lama	Entre 0 e 25% do fundo coberto por lama.	Entre 25 e 50% do fundo coberto por lama.	Entre 50 e 75% do fundo coberto por lama.	Mais de 75% do fundo coberto por lama.
16. Depósitos sedimentares	Menos de 5% do fundo com deposição de lama; ausência de deposição nos remansos	Alguma evidência de modificação no fundo, principalmente como aumento de cascalho, areia ou lama; 5 a 30% do fundo afetado; suave deposição nos remansos.	Deposição moderada de cascalho novo, areia ou lama nas margens; entre 30 e 50% do fundo afetado; deposição moderada nos remansos.	Grandes depósitos de lama, maior desenvolvimento das margens; mais de 50% do fundo modificado; remansos ausentes devido a significativa deposição de sedimentos
17. Alterações no canal do rio	Canalização (retificação) ou dragagem ausente ou mínima; rio com padrão normal.	Alguma canalização presente, normalmente próxima a construção de pontes;	Alguma modificação presente nas duas margens; 40 a 80% do rio modificado.	margens modificadas acima de 80% do rio modificado.

		evidência de modificações a mais de 20 anos.		
18. Características do fluxo das águas	Fluxo relativamente igual em toda a largura do rio; mínima quantidade de substrato exposta.	Lâmina d'água acima de 75% do canal do rio; ou menos de 25% do substrato exposto.	Lâmina d'água entre 25 e 75% do canal do rio, e/ou maior parte do substrato nos "rápidos" exposto.	Lâmina d'água escassa e presente apenas nos remansos.
19. Presença de mata ciliar	Acima de 90% com vegetação ripária nativa, incluindo árvores, arbustos ou macrófitas; mínima evidência de desflorestamento; todas as plantas atingindo a altura "normal"	Entre 70 e 90% com vegetação ripária nativa; desflorestamento evidente mas não afetando o desenvolvimento da vegetação; maioria das plantas atingindo a altura "normal"	Entre 50 e 70% com vegetação ripária nativa; desflorestamento óbvio; trechos com solo exposto ou vegetação eliminada; menos da metade das plantas atingindo a altura "normal"	Menos de 50% da mata ciliar nativa; desflorestamento muito acentuado.
20. Estabilidade das margens	Margens estáveis; evidência de erosão mínima ou ausente; pequeno potencial para problemas futuros. Menos de 5% da margem afetada.	Moderadamente estáveis; pequenas áreas de erosão frequentes. Entre 5 e 30% da margem com erosão.	Moderadamente instável; entre 30 e 60% da margem com erosão. risco elevado de erosão durante enchentes.	Instável; muitas áreas com erosão; frequentes áreas descobertas nas curvas do rio; erosão óbvia entre 60 e 100% da margem.
21. Extensão de mata ciliar	Largura da vegetação ripária maior que 18m; sem influência de atividades antrópicas (agropecuária, estradas, etc.).	Largura da vegetação ripária entre 12 e 18m; mínima influência antrópica.	Largura da vegetação ripária entre 6 e 12m; influência antrópica intensa.	Largura da vegetação ripária menor que 6m; vegetação restrita ou ausente devido a atividade antrópica.

22. Presença de plantas aquáticas	Pequenas macrófitas aquáticas e/ou musgos distribuídos pelo leito.	Macrófitas aquáticas ou algas filamentosas ou musgos distribuídas no rio, substrato com perifiton.	Algas filamentosas ou macrófitas em poucas pedras ou alguns remansos, perifiton abundante e biofilme.	Ausência de vegetação aquática no leito do rio ou grandes bancos macrófitas (p. ex. aguapé).
--	--	--	---	--

Ponto de análise 4. Tabela 1: Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas. Fonte: Callisto et al. (2002) modificado do protocolo da Agência de Proteção Ambiental de Ohio (EUA) (EPA, 1987).

DESCRIÇÃO DO AMBIENTE			
Localização: Ferrovia (acima do córrego)			
Data da coleta: 16/01/2020		Hora da Coleta: 09:49h	
Tempo (situação do dia): Nublado			
Modo de coleta (coletor): Presencial (Klinsmann - Geógrafo)			
Tipo de ambiente: Córrego (X) Rio ()			
Largura média: 3 metros			
Profundidade média: 80 centímetros			
Temperatura da água: 23.9°C			
PARÂMETROS	PONTUAÇÃO		
	4 PONTOS	2 PONTOS	0 PONTO
1. Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade)	Vegetação natural	Campo de pastagem/ agricultura/ monocultura/ reflorestamento	Residencial/ comercial/ industrial
2. Erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito	Ausente	Moderada	Acelerada
3. Alterações antrópicas	Ausente	Alterações de origem doméstica	Alterações de origem industrial/

		(esgoto, lixo)	urbana (fábricas, siderurgias, canalização, retificação do curso do rio)
4. Cobertura vegetal no leito	Parcial	Total	Ausente
5. Odor da água	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/industrial
6. Oleosidade da água	Ausente	Moderada	Abundante
7. Transparência da água	Transparente	Turva/ cor de chá-forte	Opaca ou colorida
8. Odor do sedimento (fundo)	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/industrial
9. Oleosidade do fundo	Ausente	Moderado	Abundante
10. Tipo de fundo	Pedras cascalho	Lama/ areia	Cimento/ canalizado

Ponto de análise 4. Tabela 2: Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas. Fonte: Callisto et al. (2002) modificado do protocolo de Hannaford et al. (1997).

PARÂMETROS	PONTUAÇÃO			
	5 PONTOS	3 PONTOS	2 PONTOS	0 PONTO
11. Tipos de fundo	Mais de 50% com habitats diversificados; pedaços de troncos submersos; cascalho ou outros habitats estáveis.	30 a 50% de habitats diversificados; habitats adequados para a manutenção das populações de organismos aquáticos.	10 a 30% de habitats diversificados; disponibilidades de habitats insuficientes; substratos frequentemente modificados.	Menos que 10% de habitats diversificados; ausência de habitats óbvia; substrato rochoso instável para fixação dos organismos.
12. Extensão de rápidos	Rápidos e corredeiras bem desenvolvidas; rápidos tão largos quanto o rio e com o comprimento	Rápidos com a largura igual a do rio, mas com comprimento menor que o dobro da largura do rio.	Trechos rápidos podem estar ausentes; rápidos não tão largos quanto o rio e seu comprimento	Rápidos ou corredeiras inexistentes.

	igual ao dobro da largura do rio.		menor que o dobro da largura do rio.	
13. Frequência de rápidos	Rápidos relativamente frequentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 5 e 7.	Rápidos não frequentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 7 e 15.	Rápidos ou corredeiras ocasionais; habitats formados pelos contornos do fundo; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 15 e 25.	Geralmente com lâmina d'água "lisa" ou com rápidos rasos; pobreza de habitats; distância entre rápidos dividida pela largura do rio maior que 25.
14. Tipos de substrato	Seixos abundantes (prevalecendo em nascentes).	Seixos abundantes; cascalho comum.	Fundo formado predominantemente por cascalho; alguns seixos presentes	Fundo pedregoso; seixos ou lamoso.
15. Deposição de lama	Entre 0 e 25% do fundo coberto por lama.	Entre 25 e 50% do fundo coberto por lama.	Entre 50 e 75% do fundo coberto por lama.	Mais de 75% do fundo coberto por lama.
16. Depósitos sedimentares	Menos de 5% do fundo com deposição de lama; ausência de deposição nos remansos	Alguma evidência de modificação no fundo, principalmente como aumento de cascalho, areia ou lama; 5 a 30% do fundo afetado; suave deposição nos remansos.	Deposição moderada de cascalho novo, areia ou lama nas margens; entre 30 e 50% do fundo afetado; deposição moderada nos remansos.	Grandes depósitos de lama, maior desenvolvimento das margens; mais de 50% do fundo modificado; remansos ausentes devido a significativa deposição de sedimentos
17. Alterações no canal do rio	Canalização (retificação) ou dragagem ausente ou mínima; rio com padrão normal.	Alguma canalização presente, normalmente próxima a construção de pontes; evidência de	Alguma modificação presente nas duas margens; 40 a 80% do rio modificado.	margens modificadas acima de 80% do rio modificado.

		modificações a mais de 20 anos.		
18. Características do fluxo das águas	Fluxo relativamente igual em toda a largura do rio; mínima quantidade de substrato exposta.	Lâmina d'água acima de 75% do canal do rio; ou menos de 25% do substrato exposto.	Lâmina d'água entre 25 e 75% do canal do rio, e/ou maior parte do substrato nos "rápidos" exposto.	Lâmina d'água escassa e presente apenas nos remansos.
19. Presença de mata ciliar	Acima de 90% com vegetação ripária nativa, incluindo árvores, arbustos ou macrófitas; mínima evidência de desflorestamento; todas as plantas atingindo a altura "normal"	Entre 70 e 90% com vegetação ripária nativa; desflorestamento evidente mas não afetando o desenvolvimento da vegetação; maioria das plantas atingindo a altura "normal"	Entre 50 e 70% com vegetação ripária nativa; desflorestamento óbvio; trechos com solo exposto ou vegetação eliminada; menos da metade das plantas atingindo a altura "normal"	Menos de 50% da mata ciliar nativa; desflorestamento muito acentuado.
20. Estabilidade das margens	Margens estáveis; evidência de erosão mínima ou ausente; pequeno potencial para problemas futuros. Menos de 5% da margem afetada.	Moderadamente estáveis; pequenas áreas de erosão frequentes. Entre 5 e 30% da margem com erosão.	Moderadamente instável; entre 30 e 60% da margem com erosão. risco elevado de erosão durante enchentes.	Instável; muitas áreas com erosão; frequentes áreas descobertas nas curvas do rio; erosão óbvia entre 60 e 100% da margem.
21. Extensão de mata ciliar	Largura da vegetação ripária maior que 18m; sem influência de atividades antrópicas (agropecuária, estradas, etc.).	Largura da vegetação ripária entre 12 e 18m; mínima influência antrópica.	Largura da vegetação ripária entre 6 e 12m; influência antrópica intensa.	Largura da vegetação ripária menor que 6m; vegetação restrita ou ausente devido a atividade antrópica.

22. Presença de plantas aquáticas	Pequenas macrófitas aquáticas e/ou musgos distribuídos pelo leito.	Macrófitas aquáticas ou algas filamentosas ou musgos distribuídas no rio, substrato com perifiton.	Algas filamentosas ou macrófitas em poucas pedras ou alguns remansos, perifiton abundante e biofilme.	Ausência de vegetação aquática no leito do rio ou grandes bancos macrófitas (p. ex. aguapé).
--	--	--	---	--