

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE GEOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: GEOGRAFIA E GESTÃO DO TERRITÓRIO**

**USO, OCUPAÇÃO E EROSÃO DOS SOLOS: UM ESTUDO SOBRE EROSÃO  
LAMINAR NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DOURADINHO, NO  
TRIÂNGULO MINEIRO**

**JOÃO VICTOR FREITAS SILVA**

UBERLÂNDIA – MG  
2021

**JOÃO VICTOR FREITAS SILVA**

**USO, OCUPAÇÃO E EROSÃO DOS SOLOS: UM ESTUDO SOBRE EROSÃO  
LAMINAR NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DOURADINHO, NO  
TRIÂNGULO MINEIRO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Geografia.

**Linha de pesquisa:** Estudos Ambientais e Geotecnologias

**Orientador:** Prof. Dr. Vanderlei de Oliveira Ferreira

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

S586u  
2021 Silva, João Victor Freitas, 1995-  
Uso, ocupação e erosão dos solos [recurso eletrônico] : um estudo sobre erosão laminar na bacia hidrográfica do Ribeirão Douradinho, no Triângulo Mineiro / João Victor Freitas Silva. - 2021.

Orientador: Vanderlei de Oliveira Ferreira.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia.  
Programa de Pós-Graduação em Geografia.  
Modo de acesso: Internet.  
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2021.5525>  
Inclui bibliografia.  
Inclui ilustrações.

1. Geografia. I. Ferreira, Vanderlei de Oliveira, 1967-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

---

CDU:910.1

Glória Aparecida – CRB-6/2047  
Bibliotecária


**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**

Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Geografia  
 Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco 1H, Sala 1H35 - Bairro Santa Monica, Uberlândia-MG, CEP 38400-902  
 Telefone: (34) 3239-4381/3291-6304 - www.ppgeo.ig.ufu.br - posgeo@ufu.br


**ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO**

Programa de Pós-Graduação em:	GEOGRAFIA				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, Número 509, PPGGEO				
Data:	27 de maio de 2021	Hora de início:	09h:00m	Hora de encerramento:	11h:30m
Matrícula do Discente:	11912GEO007				
Nome do Discente:	JOÃO VICTOR FREITAS SILVA				
Título do Trabalho:	USO, OCUPAÇÃO E EROSIÃO DOS SOLOS: UM ESTUDO SOBRE EROSIÃO LAMINAR NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DOURADINHO, NO TRIÂNGULO MINEIRO				
Área de concentração:	GEOGRAFIA E GESTÃO DO TERRITÓRIO				
Linha de pesquisa:	ESTUDOS AMBIENTAIS E GEOTECNOLOGIAS				
Projeto de Pesquisa de vinculação:					

Reuniu-se no Anfiteatro/Sala [On Line], Campus [Google Meet], da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em GEOGRAFIA, assim composta: Professores Doutores: Luiz Eduardo Panisset Travassos - PUC-Minas/UFMG; Jorge Luís Silva Brito - IG-UFU e Vanderlei de Oliveira Ferreira - IG-UFU orientador(a) do(a) candidato(a). Devido a pandemia COVID-19, todos os membros participaram on-line.

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr(a). Vanderlei de Oliveira Ferreira - IG-UFU, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado(a).

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Vanderlei de Oliveira Ferreira, Professor(a) do Magistério Superior**, em 27/05/2021, às 10:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

Documento assinado eletronicamente por **Luiz Eduardo Panisset Travassos, Usuário Externo**, em



27/05/2021, às 11:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jorge Luis Silva Brito, Professor(a) do Magistério Superior**, em 27/05/2021, às 16:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **2794138** e o código CRC **434C869B**.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**Instituto de Geografia**  
**Programa de Pós-Graduação em Geografia**

**JOÃO VICTOR FREITAS SILVA**

**USO, OCUPAÇÃO E EROSÃO DOS SOLOS: UM ESTUDO SOBRE EROSÃO  
LAMINAR NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DOURADINHO, NO  
TRIÂNGULO MINEIRO**

---

Professor Dr. Vanderlei de Oliveira Ferreira – UFU  
(Orientador)

---

Professor Dr. Jorge Luís Silva Brito - UFU

---

Professor Dr. Luiz Eduardo Panisset Travassos - PUC MINAS

Data: 27/05/2021

Resultado: \_\_\_\_\_

*Aos meus pais, familiares e amigos.*

*A todos (as) os (as) cientistas, pesquisadores e  
profissionais da educação desse país.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Layse Milene de Freitas e João Batista da Silva, e ao meu irmão Pablo Freitas Silva pela confiança e por todo apoio dado.

À minha tia Heloíse Edilene e ao meu primo Pedro Henrique, pelo acolhimento e por todo o carinho e suporte, em todos os momentos da minha vida.

Aos meus amigos, José Victor, Laiane Freitas, Aline Parreira e Matheus Eduardo, por toda a amizade e companheirismo, pelos momentos que passamos juntos e por todas as assistências e conversas distraídas durante esses anos.

À Tatiane Regina, por todos os anos de amizade e companheirismo, me permitindo partilhar com você as felicidades, as angústias, os problemas e os entusiasmos da vida acadêmica e pessoal. Você é uma das maiores alegrias da minha vida!

Ao Professor Dr. Vanderlei de Oliveira Ferreira, por todo apoio e orientação ao longo da pesquisa e pela confiança, paciência e dedicação.

Ao Professor Dr. Rildo Aparecido Costa, pelas valiosas sugestões durante a banca do exame de qualificação, sendo suas contribuições essenciais para a viabilização da dissertação aqui apresentada.

Aos Professores Dr. Jorge Luís Silva Brito e Dr. Luiz Eduardo Panisset Travassos, por terem aceitado o convite para participarem da banca final e pelas contribuições durante a defesa que enriqueceram ainda mais a pesquisa.

À Universidade Federal de Uberlândia, ao curso de Pós-Graduação em Geografia e ao Laboratório de Cartografia e Geoprocessamento, em especial à Eleusa Fátima de Lima, pelo suporte e por contribuírem para o meu desenvolvimento acadêmico.

Aos professores do curso de Pós-Graduação em Geografia e também de outros cursos, que contribuíram para minha formação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio financeiro para a realização desta pesquisa.

Muito obrigado!



*nossa arma é a força.  
do diálogo.*

*(Guilherme Pinto, 2019)*

## RESUMO

A erosão dos solos tem sido considerada como um dos mais importantes problemas ambientais da atualidade. Embora ocorra de forma natural, a erosão tende a ser acelerada à medida que o homem, buscando atender às suas necessidades e as demandas voltadas aos interesses econômicos, altera as características presentes no ambiente. Nas últimas décadas, essa erosão acelerada tem sido motivo de preocupação e despertado o interesse de cientistas e pesquisadores. As causas que levam à sua origem, evolução e, principalmente, a busca pelo seu controle tem se tornado alvo de estudos em diversas áreas do conhecimento. Pensando nisso, a presente dissertação de mestrado apresenta os resultados de uma avaliação da suscetibilidade e do potencial à erosão laminar na bacia do ribeirão Douradinho frente às dinâmicas ambientais naturais e às interferências de ordem econômica, indicando os locais mais sujeitos à intensificação da erosão e contribuindo para nortear a ocupação dos solos. A bacia em questão está localizada na Região Geográfica Intermediária de Uberlândia e se configura como uma área dinâmica e de múltiplos usos. Em função disso tem-se a necessidade do desenvolvimento de estudos que viabilizem o planejamento do uso do solo com vista ao uso racional e conservação dos mesmos. Para tanto, foram realizados estudos preliminares e a caracterização dos aspectos fisiográficos da área em questão. Essa caracterização consistiu, basicamente, em uma análise segmentada e na representação cartográfica dos componentes referentes à litologia, relevo, solos, hidrografia, clima e ao uso do solo da bacia, fundamentais para a avaliação da erosão no local. Os resultados demonstraram que 64,79% dos terrenos da área estudada estão entre as classes de moderada a muito suscetível à retirada e transporte de partículas superficiais, correspondendo, assim, a solos com elevada vulnerabilidade em relação ao desenvolvimento dos processos erosivos, e que 46,11% da área total da bacia apresentam um uso atual do solo incompatível com o grau de suscetibilidade, enquadrando-se entre as classes de médio e alto potencial erosivo, evidenciando os locais onde são necessárias adequações quanto ao uso/manejo dos solos e a aplicação de práticas conservacionistas adequadas. Os dados aqui apresentados poderão servir como subsídio para o planejamento ambiental da bacia.

**Palavras-chave:** Erosão dos solos; Uso do solo; Erosão laminar; Suscetibilidade e potencial erosivo; Conservação dos solos.

## ABSTRACT

Soil erosion has been considered as one of the most important environmental problems today. Although it occurs naturally, erosion tends to be accelerated as man, seeking to meet his needs and the demands turned to economic interests, changes the characteristics present in the environment. In recent decades, this accelerated erosion has been a cause for concern and aroused the interest of scientists and researchers. The causes that lead to its origin, evolution and, mainly, the search for its control have become the target of studies in several areas of knowledge. With this in mind, the present master's dissertation presents the results of an assessment of the susceptibility and potential to laminar erosion in the Douradinho stream basin in view of the natural environmental dynamics and economic interference, indicating the places most subject to the intensification of erosion and contributing to guide land occupation. The basin in question is located in the Intermediate Geographic Region of Uberlândia and is configured as a dynamic area with multiple uses. As a result, there is a need for the development of studies that enable the planning of land use with a view to the rational use and conservation of soils. For that, preliminary studies and the characterization of the physiographic aspects of the area in question were carried out. This characterization consisted, basically, in a segmented analysis and in the cartographic representation of the components referring to lithology, relief, soils, hydrography, climate and the use of the basin's soil, which are fundamental for the assessment of erosion in the place. The results showed that 64.79% of the land in the studied area are between the classes of moderate to very susceptible to the removal and transport of surface particles, thus corresponding to soils with high vulnerability in relation to the development of erosive processes, and that 46, 11% of the total area of the basin has a current land use incompatible with the degree of susceptibility, falling between the classes of medium and high erosive potential, showing the places where adjustments are necessary in terms of land use / soil management and the application of appropriate conservationist practices. The data presented here may serve as a subsidy for the environmental planning of the basin.

**Keywords:** Soil erosion; Land occupation; Laminar erosion; Susceptibility and erosive potential; Soil conservation.

## LISTA DE SIGLAS

- ANA** - Agência Nacional de Águas
- ASTER** - *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*
- CODEMIG** - Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais
- EMBRAPA** - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- FMP** – Faixa marginal de Proteção
- GDAL** - *Geospatial Data Abstraction Library*
- GDEM** - *Global Digital Elevation Model*
- GPS** - *Global Positioning System*
- GRASS** - *Geographic Resources Analysis Support System*
- IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IDW** - *Inverse distance weighted*
- IGAM** - Instituto Mineiro de Gestão das Águas
- INPE** - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
- IPT** - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
- MDE** - Modelo digital de Elevação
- NASA** - *National Aeronautics and Space Administration*
- OSGeo** - *Open Source Geospatial Foundation*
- SiBCS** - Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos
- SIG** - Sistema de Informação Geográfica
- SRTM** - *Shuttle Radar Topography Mission*
- TauDEM** - *Terrain Analysis Using Digital Elevation Models*

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Hierarquização da drenagem (STRAHLER, 1952) .....26
- Figura 2:** Roteiro metodológico para a definição das classes de suscetibilidade à erosão laminar ..... 32
- Figura 3:** Roteiro metodológico para a definição das classes de potencial à erosão laminar .34
- Figura 4:** Matriz de Leopold adaptada .....39
- Figura 5:** Matriz de Leopold adaptada (continuação) .....40
- Figura 6:** Bacia do ribeirão Douradinho - Afloramento de basalto da Formação Serra Geral44

<b>Figura 7:</b> Bacia do ribeirão Douradinho - Exposição dos arenitos da Formação Vale do Rio do Peixe .....	45
<b>Figura 8:</b> Bacia do ribeirão Douradinho - Exposição da Cobertura Cenozoica .....	46
<b>Figura 9:</b> Bacia do ribeirão Douradinho - Áreas elevadas de cimeira .....	50
<b>Figura 10:</b> Bacia do ribeirão Douradinho - Áreas de relevo mediamente dissecado .....	50
<b>Figura 11:</b> Bacia do ribeirão Douradinho - Latossolos Vermelhos Distróficos (a) e Latossolos Vermelhos Ácricos (b).....	54
<b>Figura 12:</b> Bacia do ribeirão Douradinho - Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos.....	54
<b>Figura 13:</b> Climograma da cidade de Uberlândia-MG, série histórica de 1981 a 2015 .....	61
<b>Figura 14:</b> Bacia do ribeirão Douradinho - Áreas destinadas à pecuária .....	62
<b>Figura 15:</b> Bacia do ribeirão Douradinho - Áreas destinadas à cultura de cana-de-açúcar (a) e laranja (b).....	63
<b>Figura 16:</b> Bacia do ribeirão Douradinho - Fragmentos florestais (a) e Mata Ciliar (b).....	63
<b>Figura 17:</b> Bacia do ribeirão Douradinho - Plantio de eucalipto (a) e faixa contínua de plantação de eucalipto em segundo plano (b).....	64
<b>Figura 18:</b> Bacia do ribeirão Douradinho - Área urbanizada (a) e chácara (b).....	64
<b>Figura 19:</b> Bacia do ribeirão Douradinho - Corpo d'água (a) e rodovia MG 455 (b).....	65
<b>Figura 20:</b> Bacia do ribeirão Douradinho - Pastagem em classe de suscetibilidade IV (a) e cobertura vegetal nativa em classe de suscetibilidade III (b) .....	83
<b>Figura 21:</b> Bacia do ribeirão Douradinho – Cultura anual em classe de suscetibilidade IV (a) e pastagem em classe de suscetibilidade III (b).....	84
<b>Figura 22:</b> Resultados finais da aplicação da matriz de avaliação de impacto ambiental – Pontos 1 ao 17 .....	90
<b>Figura 23:</b> Resultados finais da aplicação da matriz de avaliação de impacto ambiental – Pontos 18 ao 33 .....	91
<b>Figura 24:</b> Bacia do ribeirão Douradinho - Supressão (a) e fragmentação (b) da vegetação nativa para a implantação de pastagens .....	93
<b>Figura 25:</b> Bacia do ribeirão Douradinho - Áreas de voçorocamento.....	93
<b>Figura 26:</b> Bacia do ribeirão Douradinho - Assoreamento dos canais fluviais.....	94
<b>Figura 27:</b> Bacia do ribeirão Douradinho - Fragmentação da vegetação (a) e captação de água para irrigação para a agricultura (b) .....	95
<b>Figura 28:</b> Bacia do ribeirão Douradinho - Impactos na área urbana .....	95

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Classes de declividade propostas pela EMBRAPA (2018) .....	25
<b>Tabela 2:</b> Características das estações pluviométricas .....	27
<b>Tabela 3:</b> Classificação da erosividade das chuvas .....	29
<b>Tabela 4:</b> Classes de erodibilidade .....	30
<b>Tabela 5:</b> Classes de declividade apresentadas por Salomão (1999) .....	31
<b>Tabela 6:</b> Critério para a definição das classes preliminares de suscetibilidade à erosão laminar (IPT, 1990) .....	32
<b>Tabela 7:</b> Critério para a definição das classes finais de suscetibilidade à erosão laminar.....	33
<b>Tabela 8:</b> Critério para a definição das classes de potencial atual à erosão laminar (IPT, 1990) .....	35
<b>Tabela 9:</b> Bacia do ribeirão Douradinho - Legenda das tipologias de solo.....	55
<b>Tabela 10:</b> Bacia do ribeirão Douradinho - Resultado do uso do solo e cobertura vegetal ....	65
<b>Tabela 11:</b> Bacia do ribeirão Douradinho - Precipitação pluviométrica média anual d.....	68
<b>Tabela 12:</b> Bacia do ribeirão Douradinho - Erosividade anual .....	70
<b>Tabela 13:</b> Classificação da erodibilidade dos solos .....	72
<b>Tabela 14:</b> Bacia do ribeirão Douradinho - Erodibilidade dos solos .....	73
<b>Tabela 15:</b> Bacia do ribeirão Douradinho - Distribuição da declividade em km <sup>2</sup> e porcentagem.....	75
<b>Tabela 16:</b> Bacia do ribeirão Douradinho - Distribuição dos valores de comprimento das encostas em km <sup>2</sup> e porcentagem .....	77
<b>Tabela 17:</b> Bacia do ribeirão Douradinho - Distribuição das classes de suscetibilidade em km <sup>2</sup> e porcentagem.....	79
<b>Tabela 18:</b> Bacia do ribeirão Douradinho - Distribuição das classes de potencial em km <sup>2</sup> e porcentagem.....	83

## LISTA DE MAPAS

<b>Mapa 1:</b> Localização da bacia do ribeirão Douradinho.....	21
<b>Mapa 2:</b> Localização das estações pluviométricas .....	28
<b>Mapa 3:</b> Pontos de observação para a aplicação da Matriz de Leopold adaptada.....	37
<b>Mapa 4:</b> Unidades Geológicas da bacia do ribeirão Douradinho .....	47
<b>Mapa 5:</b> Hipsometria da bacia do ribeirão Douradinho .....	51

<b>Mapa 6:</b> Declividade da bacia do ribeirão Douradinho, segundo a classificação da EMBRAPA (2018) .....	52
<b>Mapa 7:</b> Tipologias de solo da bacia do ribeirão Douradinho.....	56
<b>Mapa 8:</b> Ordem dos canais de drenagem da bacia do ribeirão Douradinho.....	59
<b>Mapa 9:</b> Cobertura vegetal e uso do solo da bacia do ribeirão Douradinho.....	66
<b>Mapa 10:</b> Precipitação média anual da bacia do ribeirão Douradinho.....	69
<b>Mapa 11:</b> Erosividade anual da bacia do ribeirão Douradinho .....	71
<b>Mapa 12:</b> Erodibilidade anual da bacia do ribeirão Douradinho.....	74
<b>Mapa 13:</b> Declividade da bacia do ribeirão Douradinho, segundo a classificação proposta por Salomão (1999) .....	76
<b>Mapa 14:</b> Comprimento das encostas da bacia do ribeirão Douradinho .....	78
<b>Mapa 15:</b> Suscetibilidade à erosão laminar da bacia do ribeirão Douradinho .....	81
<b>Mapa 16:</b> Potencial à erosão laminar da bacia do ribeirão Douradinho.....	87

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> Bacia do ribeirão Douradinho - Precipitação média mensal.....	68
<b>Gráfico 2:</b> Bacia do ribeirão Douradinho - Erosividade média mensal.....	70
<b>Gráfico 3:</b> Valores dos impactos referentes a cada ponto analisado - Pontos 1 ao 17 .....	92
<b>Gráfico 4:</b> Valores dos impactos referentes a cada ponto analisado - Pontos 18 ao 33 .....	92

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
<b>CAPÍTULO 1: ROTEIRO METODOLÓGICO .....</b>	<b>23</b>
1.1. Definição da área de estudo.....	23
1.2. Procedimentos da caracterização fisiográfica e de uso do solo.....	23
1.3. Procedimentos da avaliação da suscetibilidade erosiva natural .....	27
1.4. Procedimentos da avaliação do potencial à erosão laminar .....	34
1.5. Procedimentos da avaliação de impactos ambientais .....	36
<b>CAPÍTULO 2: CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA E USO DO SOLO NA BACIA DO RIBEIRÃO DOURADINHO.....</b>	<b>41</b>
2.1. Aspectos Geológicos .....	43
2.2. Características do relevo.....	48
2.3. Classes de solo.....	53
2.4. Rede de drenagem .....	57
2.5. Aspectos climáticos .....	60
2.6. Cobertura vegetal e uso do solo.....	61
<b>CAPÍTULO 3: SUSCETIBILIDADE DOS SOLOS À EROSÃO LAMINAR NA BACIA DO RIBEIRÃO DOURADINHO.....</b>	<b>67</b>
3.1. Erosividade das chuvas.....	67
3.2. Erodibilidade dos solos.....	72
3.3. Declividade do terreno.....	75
3.4. Comprimento das encostas .....	77
3.5. Suscetibilidade à erosão laminar .....	79
<b>CAPÍTULO 4: POTENCIAL À EROSÃO LAMINAR NA BACIA DO RIBEIRÃO DOURADINHO.....</b>	<b>82</b>
4.1. Potencial à erosão laminar em virtude do uso e ocupação do solo e práticas conservacionistas.....	82
4.2. Avaliação de Impacto Ambiental através da adaptação e aplicação da Matriz de Leopold .....	88
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>97</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>99</b>
<b>ANEXOS I.....</b>	<b>105</b>
<b>ANEXOS II .....</b>	<b>107</b>



## INTRODUÇÃO

A erosão dos solos, caracterizada como o processo de desagregação, transporte e deposição das partículas que o compõe, tem sido considerada como um dos mais importantes problemas ambientais da atualidade. Em geral, esse fenômeno é dependente de uma série de fatores relacionados às condições naturais como o clima, a topografia, os tipos de solo e a cobertura vegetal. Ainda que ocorra em diversas partes do mundo, suas características e formas de atuação são variáveis e apresentam particularidades em cada região.

No Brasil, a erosão relacionada à ação da dinâmica hídrica ganha destaque em razão da capacidade de atuação do impacto das gotas da chuva e da força de arrasto das águas que escoam na superfície do terreno. Sabe-se que essa ação erosiva apresenta relação direta com a distribuição pluviométrica, no tempo e no espaço, e a sua intensidade (SALOMÃO, 1999).

Nestes casos, a erosão é originada pelo efeito *splash* (ou erosão por salpicamento) que provoca a ruptura e a desestruturação dos agregados que integram os solos e o transporte de suas partículas a partir do lançamento destas. Seu comportamento oscila de acordo com a resistência do solo e com a energia cinética da chuva.

Ademais, o impacto gerado pela gota sobre a superfície pode provocar a compactação e o selamento do terreno, ocasionando na diminuição da sua capacidade de infiltração e, conseqüentemente, resultando no escoamento superficial da água. Em outros casos, o escoamento na superfície é iniciado em virtude da extrapolação do limite de saturação solo.

Neste processo, a influência dos tipos de solo na atuação da erosão dá-se em decorrência de suas diferentes propriedades. Sua estrutura, textura, permeabilidade, dentre outras, são características que atribuem um maior ou menor grau de resistência às partículas diante da ação erosiva das águas.

A cobertura vegetal, por sua vez, contrapondo-se às forças de desagregação e arraste, apresenta um importante papel na estabilidade das partículas do solo. Atuando como um dos principais componentes que favorecem a infiltração das águas pluviais, a vegetação age na interceptação da precipitação e como uma rugosidade que protege a camada superficial do terreno (TRICART, 1977). Essa camada superficial, significativa por seu conteúdo em minerais e matéria orgânica, é responsável não só pelo fortalecimento dos solos, mas também pela sua fertilidade natural.

A partir disso, a água que desce a encosta, de maneira proporcional à inclinação do relevo e dependendo da interação entre fatores supracitados, passa a atuar em diferentes

fluxos. A princípio, o escoamento pode ocorrer de forma difusa, provocando a erosão laminar e, em seguida, de forma concentrada, numa erosão linear. Desta forma, compreende-se que a topografia do terreno influi não só na direção da distribuição do material erodido, mas também na intensidade dos fluxos hídricos. Esta possibilita, através da morfologia das vertentes, o aumento ou a diminuição na velocidade e as variações na orientação do deflúvio das águas.

Embora ocorra de forma natural, a erosão tende a ser acelerada à medida que o homem, buscando atender às suas necessidades e as demandas voltadas aos interesses econômicos, altera as características presentes no ambiente. Guerra e Mendonça (2004) ressaltam que é a ação antrópica, através do uso e manejo do solo, que, na maioria das vezes, são as grandes responsáveis pelo desencadeamento e/ou pela aceleração da erosão nas encostas.

Nas últimas décadas, essa erosão acelerada tem sido motivo de preocupação e despertado o interesse de cientistas e pesquisadores a respeito do tema. As causas que levam à sua origem, evolução e, principalmente, a busca pelo seu controle tem se tornado alvo de estudos em diversas áreas do conhecimento.

No Brasil o modelo predominante de uso e ocupação dos solos tem ocorrido de forma desordenada. Os problemas oriundos do uso indiscriminado dos solos, tanto em ambientes urbanos quanto rurais, tendem a atingir e inutilizar extensas áreas provocando a descaracterização e a degradação do meio físico.

À medida que as terras são desmatadas por práticas humanas, tais como a exploração da vegetação, produção agrícola, pecuária, ocupação urbana, etc., os solos tornam-se mais suscetíveis à atuação da erosão, acarretando, diversas vezes, em prejuízos ecológicos, sociais e econômicos. Sendo assim, para mitigar os resultados deste processo torna-se fundamental o desenvolvimento de pesquisas que busquem adequar a ocupação às condições naturais dos terrenos.

Nesta perspectiva, os estudos desenvolvidos em bacias hidrográficas apresentam um importante papel quanto à análise dos problemas ambientais atrelados à erosão. Este recorte tem sido constantemente adotado como unidade para a gestão da paisagem em pesquisas relacionadas ao planejamento ambiental. As bacias compõem um conjunto de elementos adequado para a caracterização e avaliação da dinâmica natural e dos impactos ambientais causados pelas atividades antrópicas, permitindo pontuar problemas difusos, tornando mais fácil a identificação dos focos de degradação ambiental.

A avaliação de uma bacia hidrográfica pode levar à compreensão e à explicação de inúmeras questões associadas às dinâmicas dos diferentes ambientes. A visão integrada entre as fases de precipitação, escoamento superficial, infiltração e armazenamento da água, associado ao processo de uso do solo, fornecem um arsenal de condições a serem analisadas e interpretadas (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Uma das formas mais eficientes no fornecimento de subsídios ao planejamento da ocupação dos solos tem sido a utilização de mapas capazes de determinar zonas com alto potencial erosivo. Esses mapas têm como propósito auxiliar na seleção de áreas prioritárias à conservação e recuperação dos solos de maneira a prevenir, desacelerar ou controlar a erosão.

Neste sentido, diferentes abordagens foram desenvolvidas para os estudos desse processo. Tais abordagens diferenciam-se, basicamente, entre aquelas que têm como propósito a quantificação das perdas de solo por erosão e as que buscam realizar uma avaliação qualitativa do comportamento erosivo de uma área em questão.

Numa dessas abordagens, Salomão (1999), buscando determinar a suscetibilidade natural e o potencial antrópico à erosão laminar dos terrenos, apresenta a metodologia adotada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Tal metodologia, utilizada no desenvolvimento desta pesquisa, propõe a definição de classes referentes ao grau de atuação da erosão, através da utilização dos *softwares* de Geoprocessamento na elaboração de bases cartográficas e temáticas, baseada na análise e na sobreposição dos dados referentes aos diferentes fatores condicionantes dos processos erosivos.

A erosão laminar, que se desenvolve sobretudo pela ocupação agrícola, apresenta-se, em muitos casos, como o primeiro estágio de desenvolvimento do processo, resultado de uma ação contínua e relativamente uniforme de remoção dos horizontes superficiais do solo. De difícil percepção, a laminar consiste em uma das mais degradantes formas de erosão. Sendo representativa no carreamento dos minerais e da matéria orgânica dos solos é, também, responsável por provocar a degradação da estrutura física e a perda da fertilidade natural dos terrenos, motivo pelo qual tem se tornado foco principal dos estudos referentes ao tema (PAUL; WERLANG, 2012).

A avaliação do comportamento dessa forma erosiva em bacias hidrográficas tem um papel essencial para o conhecimento das classes de capacidade e no ordenamento do uso dos solos do local, contribuindo para o controle da erosão. Conforme proposto, para essa avaliação os fatores a serem analisados são: a erosividade das chuvas, a erodibilidade dos solos, a declividade do terreno, o comprimento das encostas e a ocupação atual dos solos.

Pensando nisso e considerando as diferentes formas de uso e ocupação do solo presentes na bacia hidrográfica do ribeirão Douradinho é que se justifica o estudo a respeito da atuação da erosão laminar no local (mapa 1). A compreensão da dinâmica deste processo na bacia, tanto a natural quanto a acelerada pela ação econômica, é algo fundamental para o conhecimento das potencialidades e das limitações produtivas dos terrenos, servindo como base para o planejamento de um uso mais adequado e sustentável dos solos.

Mediante o exposto, tem-se como objetivo geral deste trabalho realizar uma avaliação da atuação da erosão laminar na bacia do ribeirão Douradinho frente às dinâmicas ambientais naturais e às interferências de ordem econômica. Em relação aos objetivos específicos, tem-se como intuito:

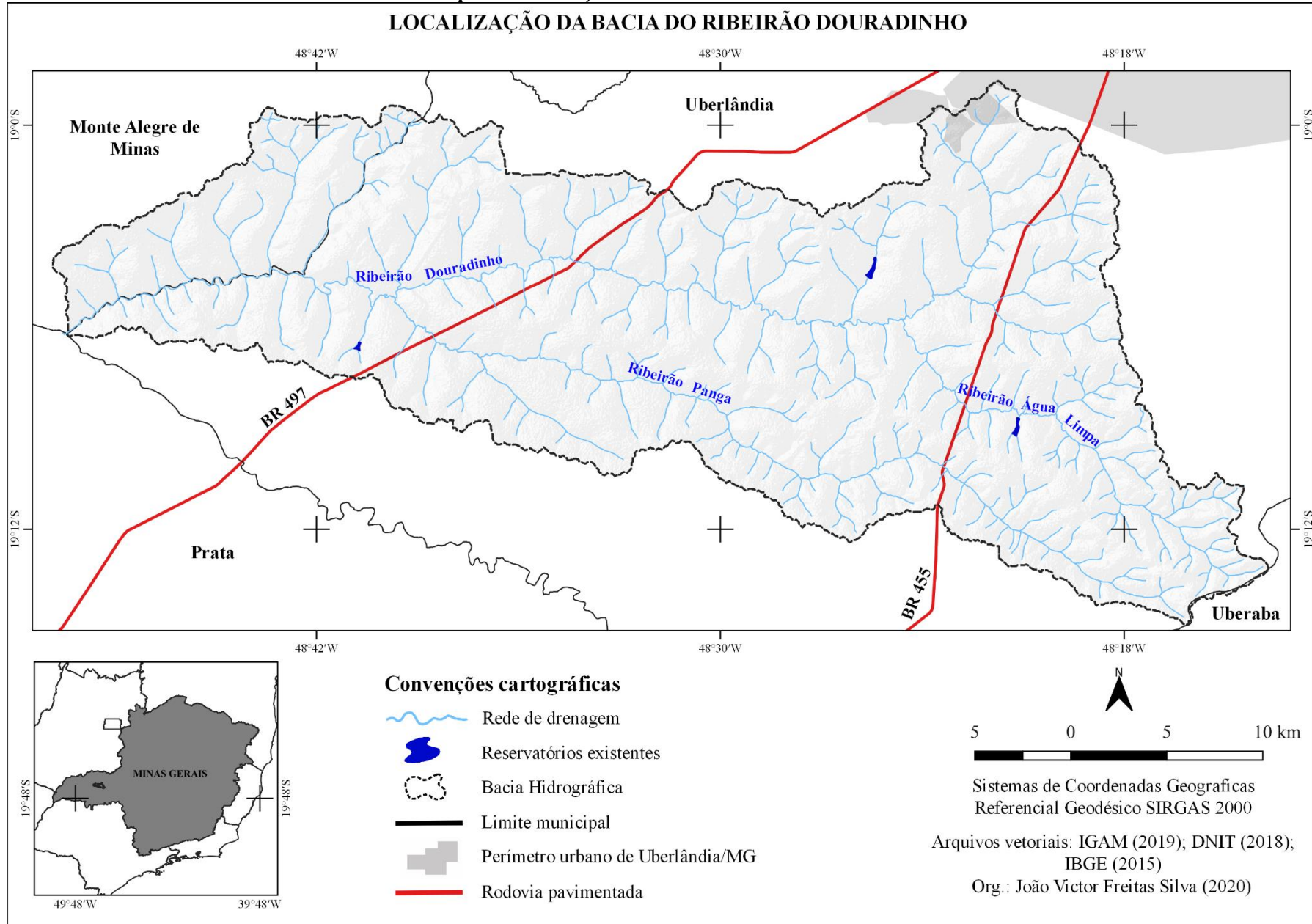
- Realizar uma caracterização dos componentes fisiográficos da bacia do ribeirão douradinho;
- Determinar e avaliar a susceptibilidade natural à erosão laminar na bacia contribuindo para nortear a ocupação dos solos, tendo em vista a necessidade de prevenção e controle dos processos erosivos;
- Determinar e avaliar o potencial à erosão laminar na bacia, contribuindo para identificar as áreas onde o uso dos solos é compatível ou incompatível com a suscetibilidade erosiva, indicando os locais mais sujeitos à intensificação da erosão, em virtude das ações antrópicas, incluindo a indicação de ações prioritárias para mudança na forma de ocupação e utilização de práticas de conservação dos solos;
- Realizar uma avaliação da condição ambiental da área de estudo a partir da adaptação e aplicação da Matriz de Leopold de Avaliação de Impactos Ambientais.

Como forma de atingir os objetivos propostos, a pesquisa intitulada “Degradação ambiental e erosão dos solos: um estudo sobre erosão laminar na bacia hidrográfica do ribeirão Douradinho, no Triângulo Mineiro” está estruturada em quatro capítulos, além da introdução e das considerações finais.

O capítulo 1 apresenta os procedimentos e as ferramentas adotadas para o desenvolvimento da pesquisa. Neste capítulo discorre-se sobre os processos de obtenção dos dados, os mapeamentos realizados, a caracterização da área e os parâmetros empregados na avaliação do comportamento erosivo e no diagnóstico dos impactos ambientais.

Mapa 1: Localização da bacia do ribeirão Douradinho

LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO RIBEIRÃO DOURADINHO



O capítulo 2 corresponde a um levantamento dos componentes físico-geográficos da bacia. Neste capítulo é realizada uma caracterização geral da área de estudo por meio da descrição dos seus aspectos geológicos, das características do relevo, tipologias de solo, rede de drenagem, condições climáticas e cobertura vegetal e uso do solo.

O capítulo 3 constitui uma avaliação a respeito da suscetibilidade natural dos solos à erosão laminar, onde são destacados e analisados os fatores referentes à erosividade das chuvas, erodibilidade dos solos, declividade do terreno e comprimento das encostas, sendo a suscetibilidade erosiva na bacia determinada com base na sobreposição de tais fatores.

O capítulo 4 consiste na avaliação do potencial à erosão laminar na bacia. No referido capítulo foi efetuada uma análise a respeito da potencialização da atuação do processo de erosão devido às interferências do uso e ocupação do solo, e acerca da condição ambiental no local, como forma de contextualizar a ação econômica sobre a dinâmica da bacia.

## **CAPÍTULO 1: ROTEIRO METODOLÓGICO**

### **1.1 Definição da área de estudo**

A bacia hidrográfica do ribeirão Douradinho abrange áreas dos municípios de Uberlândia e Monte Alegre de Minas, na Região Geográfica Intermediária de Uberlândia, no estado de Minas Gerais, entre as coordenadas geográficas 18°58'52'' a 19°15'04'' de latitude Sul e de 48°13'41'' a 48°49'52'' longitude a Oeste de Greenwich, tendo como principais afluentes o ribeirão Panga e o ribeirão Água Limpa.

Seu canal principal percorre 65,5 km desde suas nascentes, localizadas no Bairro Morada Nova, na porção Sudoeste do perímetro urbano de Uberlândia, até a sua foz no Rio Tijuco. A bacia possui uma área total de 922,16 km<sup>2</sup>, sendo cortada pelas rodovias BR 497, no sentido Uberlândia/Prata, e BR 455, no sentido de Uberlândia/Campo Florido. No contexto regional das bacias hidrográficas, o ribeirão Douradinho é afluente da margem direita do Rio Tijuco, que encontra-se inserido na Bacia do Rio Paranaíba, na Região Hidrográfica do Rio Paraná.

A adoção desta bacia para o desenvolvimento do presente estudo ocorreu devido ao fato de que a área em questão retrata, de modo geral, as características regionais em relação aos fatores desencadeadores dos processos erosivos analisados nesta pesquisa, sendo representativa da situação preponderante no Triângulo Mineiro. Desta forma, os resultados aqui alcançados devem ser também significativos num contexto regional.

### **1.2 Procedimentos da caracterização fisiográfica e de uso do solo**

A caracterização dos aspectos físicos e antrópicos da área de estudo faz-se importante, sobretudo, para a compreensão da dinâmica ambiental. Para tanto, neste trabalho esta caracterização foi realizada com base em pesquisas bibliográficas, na elaboração/análise de mapas temáticos e em trabalhos de campo.

O material bibliográfico consultado consistiu nas principais publicações que tratam sobre os aspectos fisiográficos da área em questão. Os trabalhos de campo tiveram como propósito a verificação e o registro das informações mapeadas (litologia, relevo, solos, uso do solo e cobertura vegetal). As visitas também foram aproveitadas para o desenvolvimento concomitante de atividades relativas à aplicação adaptada da matriz de Leopold para avaliação de impactos ambientais especialmente relacionados à dinâmica hidrológica, conforme descrito no item 1.5. Os materiais utilizados em campo foram: mapas da área

previamente elaborados; imagens de satélite do *Google Earth Pro* impressas; um aparelho receptor GPS *Garmin Etrex 20* e uma câmera de 12 megapixels.

Para a confecção dos mapas, foi utilizado o *software* QGIS 3.4.15, desenvolvido pela *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo) e, de forma complementar, o programa *Google Earth Pro*, que contribuiu para as análises através da disponibilização das imagens de satélite.

A delimitação da bacia do ribeirão Douradinho em *shapefile* foi efetuada a partir do Modelo digital de Elevação (MDE) com resolução espacial de 30 metros, obtidos por meio de imagens da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), no site do projeto Topodata do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Para tanto, foi utilizada a ferramenta TauDEM (*Terrain Analysis Using Digital Elevation Models*) nas seguintes caixas: Ferramentas de análise de grade básicas (Remover depressão > Direção de fluxo D8 > Área de contribuição D8); Ferramentas de análise de rede de drenagem (Definição de limite para fluxo canalizado > Alcance e fluxo de bacias hidrográficas); Raster (Converter > Raster para Vetor) e Vetor (Geoprocessamento > Dissolve).

Para averiguação e ajustes no polígono, visando adequar a localização e os limites da área de estudo, foram utilizadas cartas topográficas digitais (em formato *jpeg*), em escala de 1:100.000, adquiridas na biblioteca virtual no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), correspondentes às cartas de Tupaciguara (Folha SE-22-Z-B-V), Uberlândia (Folha SE-22-Z-B-VI), Prata (Folha SE-22-Z-D-II) e Miraporanga (Folha SE-22-Z-D-III). Tal verificação foi realizada por meio do georeferenciamento das cartas topográficas, seguida da sobreposição da camada *shapefile* referente a delimitação da bacia.

As cartas topográficas foram previamente georreferenciadas no Qgis 3.4.15, possibilitando, através da sobreposição dos arquivos, a localização dos *shapefiles* referentes aos limites da bacia do ribeirão Douradinho e à sua hidrografia. Os arquivos relacionados à rede de drenagem e aos reservatórios do local foram obtidos no *site* do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) sendo também compatíveis com a escala de 1:100.000.

A análise da litologia da área de estudo foi realizada a partir de um levantamento bibliográfico em relação às suas características regionais e locais. Para a confecção do mapa de unidades geológicas foi utilizado como base o mapeamento geológico do Portal da Geologia de Minas Gerais, elaborado pela Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (CODEMIG), na escala de 1:100.000.

O relevo da bacia do ribeirão Douradinho foi caracterizado a partir de informações coletadas em fontes secundárias. Para tal caracterização foram gerados os mapas de hipsometria e declividade, elaborados a partir do *Global Digital Elevation Model* (GDEM)



com resolução espacial de 30 metros, obtidos por meio de imagens do *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer* (ASTER), no site *EarthData* da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA).

Para a elaboração do mapa de hipsometria foi utilizada a caixa de ferramentas *GRASS* (Raster > *r.recode*) realizando a reclassificação dos valores altimétricos do MDT em categorias com intervalos de 50 metros. Para o mapa de declividade foi utilizada a caixa de ferramentas *GDAL* (Análise de dados Raster > Declividade) e efetuada a reclassificação das categorias em *GRASS* (Raster > *r.recode*) de acordo com as classes propostas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2018), expressas na tabela a seguir (tabela 1). Em ambos os mapas, foram atribuídas cores a cada uma das classes no menu Propriedades (Estilo > Banda simples falsa cor).

**Tabela 1:** Classes de declividade propostas pela EMBRAPA (2018)

Declividade (%)	Relevo
0 - 3	Plano
3 - 8	Suave ondulado
8 - 20	Ondulado
20 - 45	Forte ondulado
45 - 75	Montanhoso
> 75	Escarpado

Fonte: EMBRAPA (2018)

A identificação dos solos ocorreu tendo como base os arquivos do IBGE referentes às classes pedológicas do Brasil obtidos no formato *shapefile*, em escala de 1:250.000. Para a confecção do mapa fez-se a extração de cada tipo de solo existente dentro dos limites da bacia, pelo menu Vetor (Geoprocessamento > Recortar), seguido da indicação das tipologias correspondentes em cada polígono.

As características da rede de drenagem foram analisadas com base nos índices referentes à densidade de rios, densidade da drenagem e hierarquia fluvial, alcançados por meio dos parâmetros apresentados por Christofolletti (1980). A densidade de rios na bacia foi calculada através da aplicação da fórmula proposta por Horton (1945), (equação 1):

$$Dr = N/A \quad (1)$$

Onde:

**Dr** – densidade de rios (canais/km<sup>2</sup>);

**N** – número de canais;

**A** – área da bacia.

A densidade da drenagem foi calculada pela fórmula também proposta por Horton (1945), (equação 2):

$$Dd = Lt/A \quad (2)$$

Onde:

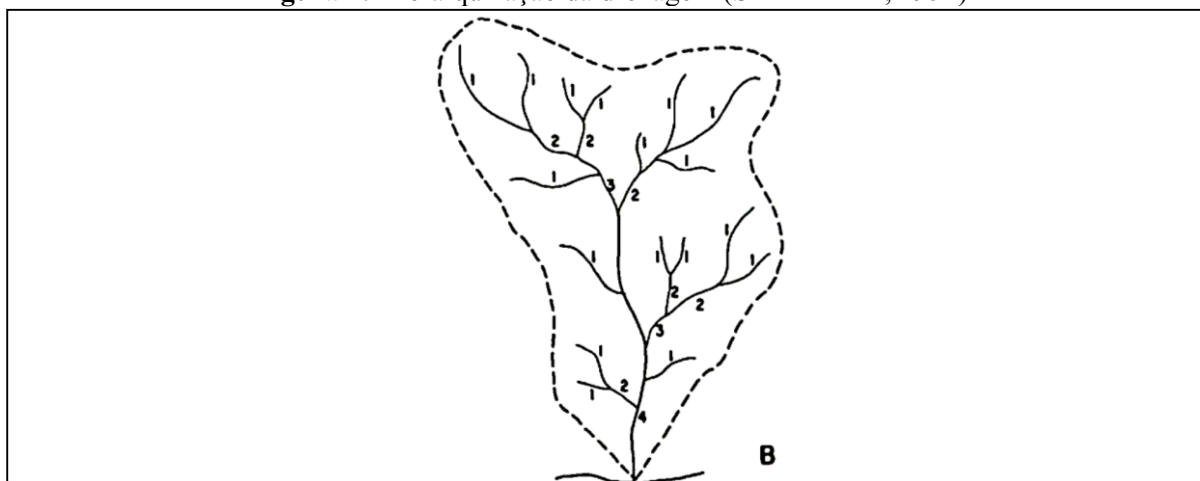
**Dd** – densidade da drenagem (km/km<sup>2</sup>);

**Lt** – comprimento total dos canais;

**A** – área da bacia.

A hierarquização da drenagem da bacia do ribeirão Douradinho foi determinada com base nos critérios propostos por Strahler (1952), amplamente adotados em estudos similares, conforme apresentada na figura 1.

**Figura 1:** Hierarquização da drenagem (STRAHLER, 1952)



Fonte: Christofolletti (1980)

Os cálculos das densidades e o mapeamento da ordem dos canais de drenagem foram realizados com a utilização do *shapefile* da delimitação da bacia e da hidrografia adquirida no *site* do IGAM. Para tanto, foram utilizadas as ferramentas Calculadora de campo e a Tabela de atributos.

A análise do clima na bacia ocorreu por meio de levantamentos e coletas de informações e dados a respeito das condições climáticas da região, obtidos mediante pesquisas na base de dados da Agência Nacional de Águas (ANA) e materiais bibliográficos.

A caracterização da cobertura vegetal e uso do solo foi efetuada a partir de dados do mapeamento do projeto TerraClass Cerrado (2015) e da verificação de suas classes em imagens de satélite e em trabalhos de campo. Para tanto, foram utilizadas imagens do satélite *Landsat-8* correspondente à órbita 221 e ponto 73, datadas de 11/04/2020. Para a elaboração do mapa, foi utilizado o arquivo *shapefile* do projeto em questão na escala de 1:250.000 e

efetuada a extração das classes presentes dentro dos limites da bacia, através do menu Vetor (Geoprocessamento > Recortar). Por fim, foram realizadas adequações e a atualização das camadas por meio da vetorização das imagens de satélite.

### 1.3 Procedimentos da avaliação da suscetibilidade erosiva natural

Para estudar o fenômeno da erosão laminar é preciso, primeiramente, ter o conhecimento das variáveis que interferem em seu processo. Em conformidade com a proposta apresentada por Salomão (1999), tais variáveis foram analisadas individualmente, tendo em vista a necessidade da elaboração de mapas parciais dos fatores condicionantes da erosão para a aplicação do modelo proposto.

A suscetibilidade natural à erosão laminar foi calculada por meio do mapeamento, no *software* Qgis 3.4.15, dos dados referentes aos fatores de erosividade das chuvas, erodibilidade dos solos, declividade do terreno e comprimento das encostas. Cada um desses fatores resultou em determinado índice ou classe, capaz de refletir o grau de susceptibilidade no processo erosivo. Os procedimentos para a sua determinação foram detalhados a seguir.

#### Determinação da erosividade das chuvas

Para determinação da erosividade, inicialmente foi realizada a coleta de dados pluviométricos no *site* Portal HidroWeb, da Agência Nacional de Águas (ANA), referentes a cinco estações, sendo estas: Fazenda Letreiro; Fazenda Paraíso; Fazenda Nossa Senhora Aparecida; Monte Alegre de Minas; e Xapetuba (tabela 2).

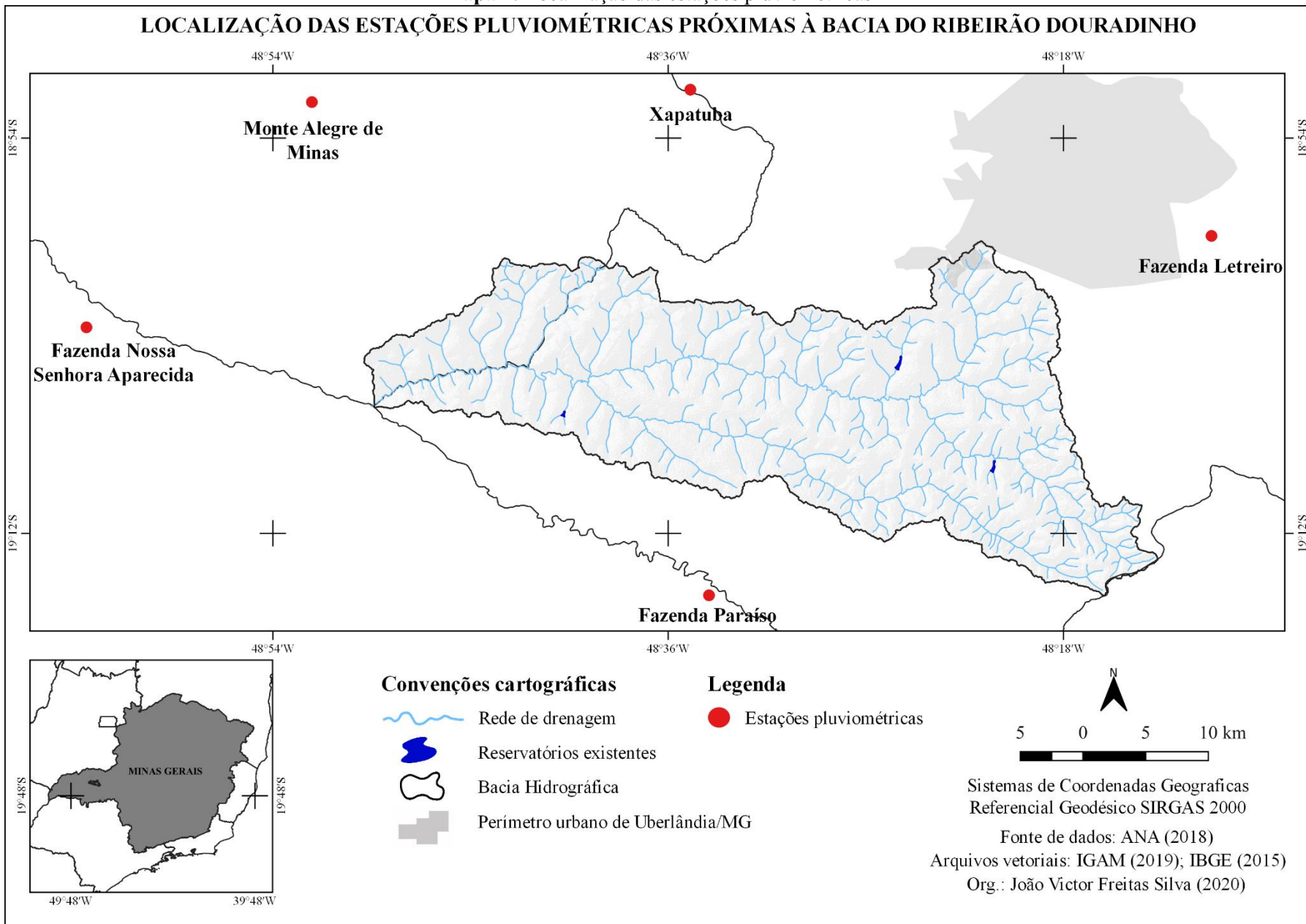
**Tabela 2:** Características das estações pluviométricas

<b>Código</b>	<b>Nome</b>	<b>Município</b>	<b>UF</b>	<b>Anos</b>
<b>1948006</b>	Fazenda Letreiro	Uberlândia	MG	2008 - 2019
<b>1948005</b>	Fazenda Paraíso	Prata	MG	2007 - 2019
<b>1948014</b>	Faz. N. S. Aparecida	Prata	MG	2008 - 2019
<b>1848000</b>	Monte Alegre de Minas	Monte A. de Minas	MG	2005 - 2018
<b>1848009</b>	Xapetuba	Monte A. de Minas	MG	2005 - 2019

Fonte: HidroWeb/ANA (2019)

Dentro dos limites da bacia do ribeirão Douradinho não foram identificadas estações pluviométricas em funcionamento ou com registro completo dos dados necessários, sendo, desta forma, utilizadas as estações localizadas nas proximidades da área de estudo (mapa 2). Essas estações são representativas em relação ao contexto climático regional.

Mapa 2: Localização das estações pluviométricas



Após a coleta, os dados referentes às médias mensais e anuais de precipitação das estações foram dispostos em planilhas viabilizando a sua compreensão e análise. Com a organização dos dados em planilhas, foram determinados os índices de erosividade anuais para a bacia.

Inicialmente foram calculados os índices de erosividade mensal para cada estação pluviométrica, baseado na aplicação da metodologia proposta por Bertoni e Lombardi Neto (1993), (equação 3).

$$EI=67,355(r^2/P)^{0,85} \quad (3)$$

Onde:

**EI** – índice de erosividade média mensal (MJ.mm/ha.h.mês);

**r** – precipitação média mensal (mm);

**P** – precipitação média anual (mm).

Por meio dos resultados dos índices mensais, foi possível realizar o cálculo da erosividade anual (equação 4). O resultado final foi obtido através da soma dos valores das médias mensais de erosividade para cada uma das estações pluviométricas.

$$R=\sum EI \quad (4)$$

Onde:

**R** – Erosividade anual (MJ.mm/ha.h.ano);

**EI** – índice de erosividade média mensal (MJ.mm/ha.h.mês);

Ressalta-se que a aplicação das fórmulas aqui apresentadas foi efetuada por meio de cálculos no *software Excel 2013*. A classificação da erosividade na bacia seguiu o critério de qualificação dos valores proposto por Carvalho (2008) que encontra-se dividido em cinco classes (tabela 3).

**Tabela 3:** Classificação da erosividade das chuvas

<b>Erosividade (MJ.mm/ha.h.ano)</b>	<b>Qualificação</b>
< 2452	Fraca
2452 a 4905	Moderada
4905 a 7357	Moderada a Forte
7357 a 9810	Forte
> 9810	Muito Forte

Fonte: Carvalho (2008)

Ademais, para a determinação dos valores e elaboração dos mapas de precipitação média anual e de erosividade da bacia foi realizada a interpolação dos dados obtidos pelo método de Ponderação do Inverso da Distância (IDW).

Com o método IDW fez-se a estimativa das variáveis ao longo do espaço entre as estações pluviométricas determinando os valores referentes à precipitação e à erosividade para cada área do local estudado. Para tanto, foram utilizados o menu Camada (Adicionar camada > A partir de um texto delimitado), para a localização das estações com os referidos valores dos dados, e a caixa de ferramentas Raster (Interpolação > Interpolação).

### **Determinação da erodibilidade dos solos**

A erodibilidade foi definida a partir do mapa de solos da bacia tendo como base índices já preestabelecidos na literatura por Bertoni e Lombardi Neto (1993), Machado et al. (2009) e Mannigel et al (2002), correspondentes às diferentes formações pedológicas. A ponderação da erodibilidade para a área de estudo seguiu o critério da proposta elaborada por Salomão (1999) onde os índices das principais unidades pedológicas foram relativizados em uma escala de 0 a 10 e divididos em cinco classes, conforme apresentado na tabela 4.

**Tabela 4:** Classes de erodibilidade

<b>Classes</b>	<b>Índices relativos</b>	<b>Unidades Pedológicas</b>
<b>I</b>	8,1 a 10,0	- Cambissolos, Solos Litólicos - Podzólicos abruptos, textura arenosa/média - Areias Quartizosas
<b>II</b>	6,1 a 8,0	- Podzólicos não abruptos, textura média/argilosa, e textura média
<b>III</b>	4,1 a 6,0	- Podzólicos de textura argilosa
<b>IV</b>	2,1 a 4,0	- Latossolos de textura média - Latossolos de textura argilosa - Terra Roxa Estruturada
<b>V</b>	0 a 2,0	- Solos Hidromórficos em relevo plano

Fonte: Salomão (1999)

O mapa correspondente à erodibilidade foi desenvolvido por meio da vetorização das tipologias de solo baseando-se nos valores dos índices equivalentes à classe a que pertencem.

### Determinação da declividade do terreno

Para este estudo o fator declividade foi novamente determinado baseando-se, desta vez, na classificação apresentada por Salomão (1999), expressa na tabela 5, viabilizando a sobreposição dos dados de acordo com a metodologia adotada.

**Tabela 5:** Classes de declividade apresentadas por Salomão (1999)

Classes	Declividade (%)
I	> 20
II	12 a 20
III	6 a 12
IV	< 6

Fonte: Salomão (1999)

Este mapa de declividade foi elaborado a partir do GDEM de altitude do ASTER (com resolução espacial de 30 metros), através da caixa de ferramentas *GDAL* (Análise de dados Raster > Declividade) e da reclassificação das categorias em *GRASS* (Raster > *r.reclass*) de acordo com as classes propostas.

### Determinação do comprimento das encostas

O procedimento para a obtenção dos valores do comprimento das encostas foi realizado seguindo a metodologia do retângulo equivalente, apresentada por Villela e Mattos (1975). Por essa metodologia determina-se o comprimento médio através da razão entre a área da bacia (em m<sup>2</sup>) e o somatório de todos os seus cursos d'água (em m), (equação 5).

$$L = \frac{Ar}{4 \times lc} \quad (5)$$

Onde:

**L** – comprimento de encosta (m);

**Ar** – área da bacia (m<sup>2</sup>);

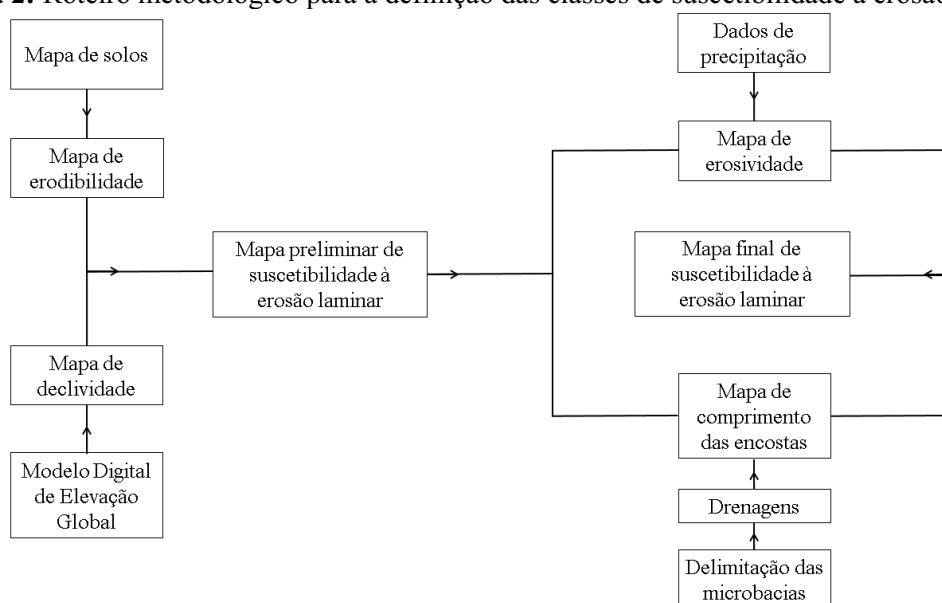
**lc** – somatório do comprimento de todas as redes de drenagem da bacia (m).

Neste sentido, inicialmente foi efetuada, a partir dos dados do MDE de altitude do projeto Topodata e com o auxílio da ferramenta TauDEM, a delimitação e vetorização dos divisores de água das microbacias hidrográficas existentes dentro dos limites da área de estudo. Posteriormente, fez-se a sobreposição desta camada aos dados relacionados à rede de drenagem, possibilitando o cálculo do comprimento de encosta para cada microbacia, e sua distribuição em diferentes classes.

## Determinação da suscetibilidade à erosão laminar

A suscetibilidade erosiva na bacia, a qual reflete as características naturais dos terrenos perante o desenvolvimento dos processos erosivos, foi definida através do cruzamento matricial e da sobreposição das informações referentes aos fatores supracitados, conforme as etapas elucidadas na figura 2. Tal cruzamento poderia resultar em até cinco diferentes classes para a área em questão.

**Figura 2:** Roteiro metodológico para a definição das classes de suscetibilidade à erosão laminar



Fonte: Adaptado de Salomão (1999)

As classes preliminares de suscetibilidade foram obtidas pela integração dos dados de erodibilidade do solo e de declividade do terreno da área de estudo. Essa integração foi realizada por meio do cruzamento relacionando as classes dos referidos fatores, conforme os critérios apresentados na tabela 6, resultando no mapa preliminar de suscetibilidade à erosão.

**Tabela 6:** Critério para a definição das classes preliminares de suscetibilidade à erosão laminar (IPT, 1990)

		Declividade (%)			
		I (> 20)	II (12 a 20)	III (6 a 12)	IV (<6)
Erodibilidade	I	I	I	II	II
	II	I	II	II	III
	III	II	III	III	IV
	IV	III	IV	IV	V
	V	Não existe	Não existe	Não existe	V

Fonte: Salomão (1999)



A classificação final procedeu-se através da sobreposição das classes preliminares aos dados de erosividade das chuvas e de comprimento das encostas encontrados, permitindo definir com maior precisão as áreas/classes de suscetibilidade à erosão laminar.

Para a sobreposição aos dados de erosividade foi feita a ponderação com base na classificação proposta por Carvalho (2008), apontada na tabela 3. As classes de erosividade propostas foram espaçadas de forma proporcional à sua intensidade visando um maior detalhamento e possibilitando uma melhor determinação dos resultados, sendo seus valores ponderados nos pesos de 0, 1 ou 2 considerando o seu nível de força.

Desta forma, os pesos foram atribuídos às interseções e, posteriormente, integrados e convertidos nas classes finais. O cruzamento final dos dados para a obtenção da suscetibilidade na bacia foi realizado conforme os critérios apresentados na tabela 7.

**Tabela 7:** Critério para a definição das classes finais de suscetibilidade à erosão laminar

		<b>Erosividade</b>										
		<b>Muito Forte</b>	<b>Forte</b>				<b>Moderada a Forte</b>			<b>Moderada</b>		<b>Fraca</b>
		<b>&gt;9810</b>	<b>9197 a 9810</b>	<b>8584 a 9197</b>	<b>7970 a 8584</b>	<b>7357 a 7970</b>	<b>6539 a 7357</b>	<b>5722 a 6539</b>	<b>4905 a 5722</b>	<b>3678 a 4905</b>	<b>2452 a 3678</b>	<b>&lt;2452</b>
<b>Classes preliminares de suscetibilidade</b>	<b>I</b>	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	<b>II</b>	I	I	I	I	I	I	I	I	II	II	II
	<b>III</b>	I	I	I	I	II	II	II	II	III	III	III
	<b>IV</b>	II	II	II	II	III	III	III	III	IV	IV	IV
	<b>V*</b>	III	III	III	III	IV	IV	IV	IV	V	V	V

Fonte: Adaptado de Carvalho (2008) e Salomão (1999)

\*Em solos hidromórficos a suscetibilidade continuará a mesma indicada nas classes preliminares, independentemente do nível de erosividade, por constituírem solos não suscetíveis à erosão.

A sobreposição dos dados aos valores de comprimento das encostas foi realizada com o intuito de uma verificação na delimitação das áreas de suscetibilidade encontradas, possibilitando a elaboração do mapa final. Ressalta-se que quanto maior for o comprimento das encostas, mais intensa será a ocorrência da erosão. Sendo assim, os valores mais elevados de comprimento foram associados a uma maior suscetibilidade e os menos elevados a uma menor suscetibilidade.

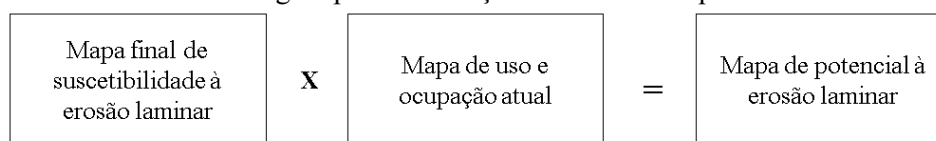
Para a qualificação da suscetibilidade seguiu-se como critério a definição das cinco classes descritas por Salomão (1999), estando estas compatibilizadas com as classes de capacidade de uso dos solos (LEPSCH et al., 1991), destacadas a seguir:

- **Classe I: Extremamente Suscetível** – onde os terrenos apresentam problemas complexos de conservação, indicados para preservação ou para reflorestamento.
- **Classe II: Muito Suscetível** – onde os terrenos apresentam problemas complexos de conservação, parcialmente favoráveis à ocupação por pastagens, sendo mais apropriados para reflorestamento.
- **Classe III: Moderadamente Suscetível** – onde os terrenos apresentam problemas complexos de conservação, sendo mais indicados a pastagens e culturas perenes.
- **Classe IV: Pouco Suscetível** – onde os terrenos apresentam problemas complexos de conservação, sendo mais indicados a pastagens e culturas perenes e, eventualmente, a culturas anuais, porém exigindo práticas mecanizadas de controle da erosão.
- **Classe V: Pouco a não Suscetível** – corresponde aos terrenos sem problemas especiais de conservação, podendo ser utilizados com qualquer tipo de cultura; a terrenos com problemas simples de conservação, podendo também serem utilizados com qualquer tipo de cultura, porém exigindo práticas não mecanizadas de controle da erosão; e a terrenos sem problemas de conservação, mas exigindo técnicas especiais de cultivo, por se constituírem de solos encharcados.

#### 1.4 Procedimentos da avaliação do potencial à erosão laminar

O potencial erosivo na bacia foi determinado com base no cruzamento matricial das informações referentes à suscetibilidade à erosão laminar e ao uso e ocupação atual do solo, conforme as etapas ilustradas na figura 3. Tal cruzamento poderia resultar em até três diferentes classes para a área de estudo.

**Figura 3:** Roteiro metodológico para a definição das classes de potencial à erosão laminar



Fonte: Salomão (1999)

Neste procedimento considerou-se a atuação das ações antrópicas no desenvolvimento dos processos erosivos, tendo em vista que áreas de igual suscetibilidade, quando ocupadas de maneiras diferentes, apresentam variações em seus níveis de potencial ao desenvolvimento da erosão.

Desta forma, as classes de cobertura vegetal e uso do solo da área de estudo foram compatibilizadas às classes de ocupação atual dos solos apresentadas por Salomão (1999), as quais caracterizam o estado da cobertura do solo, possibilitando a sobreposição dos dados, sendo estas:

- **Classe I:** Cobertura vegetal de baixo e médio porte, com intensa atividade antrópica (culturas anuais, estradas e áreas urbanizadas).
- **Classe II:** Cobertura vegetal de baixo e médio porte, com atividade antrópica moderada (culturas perenes e pastagem).
- **Classe III:** Cobertura vegetal de baixo a médio porte, com atividade antrópica muito reduzida (pasto sujo e campo cerrado).
- **Classe IV:** Cobertura vegetal de porte alto a médio, com atividade antrópica muito reduzida (reflorestamento, capoeirão e floresta).
- **Classe V:** Espelhos d'água e várzeas, cujo potencial erosivo pode ser considerado nulo.

Os resultados da compatibilização das classes de uso do solo e da suscetibilidade foram cruzados baseado nos critérios apresentados na tabela 8, resultando nas diferentes classes de potencial à erosão laminar permitindo, assim, a elaboração do mapa.

**Tabela 8:** Critério para a definição das classes de potencial atual à erosão laminar (IPT, 1990)

		<b>Classe de ocupação atual dos solos</b>				
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Classes de suscetibilidade à erosão laminar</b>	<b>1</b>	I	I	I	II	-
	<b>2</b>	I	II	II	III	-
	<b>3</b>	II	II	II	III	-
	<b>4</b>	II	III	III	III	-
	<b>5</b>	III	III	III	III	III

Fonte: Salomão (1999)

Para a qualificação do potencial à erosão seguiu-se como critério a definição das três classes descritas por Salomão (1999) destacadas a seguir:

- **Classe I: alto potencial** – uso atual do solo incompatível com a suscetibilidade à erosão laminar.
- **Classe II: médio potencial** – uso atual do solo incompatível com a suscetibilidade à erosão laminar, possível de ser controlada com práticas conservacionistas adequadas.
- **Classe III: baixo potencial** – uso atual do solo compatível com a suscetibilidade à erosão laminar.

### **1.5 Procedimentos da avaliação de impactos ambientais**

A avaliação dos impactos ambientais foi realizada por meio de trabalhos de campo e da aplicação da Matriz de Leopold, elaborada no *software Excel* 2013. Os pontos analisados durante o campo foram gravados no receptor GPS, e estão representados no mapa 3.

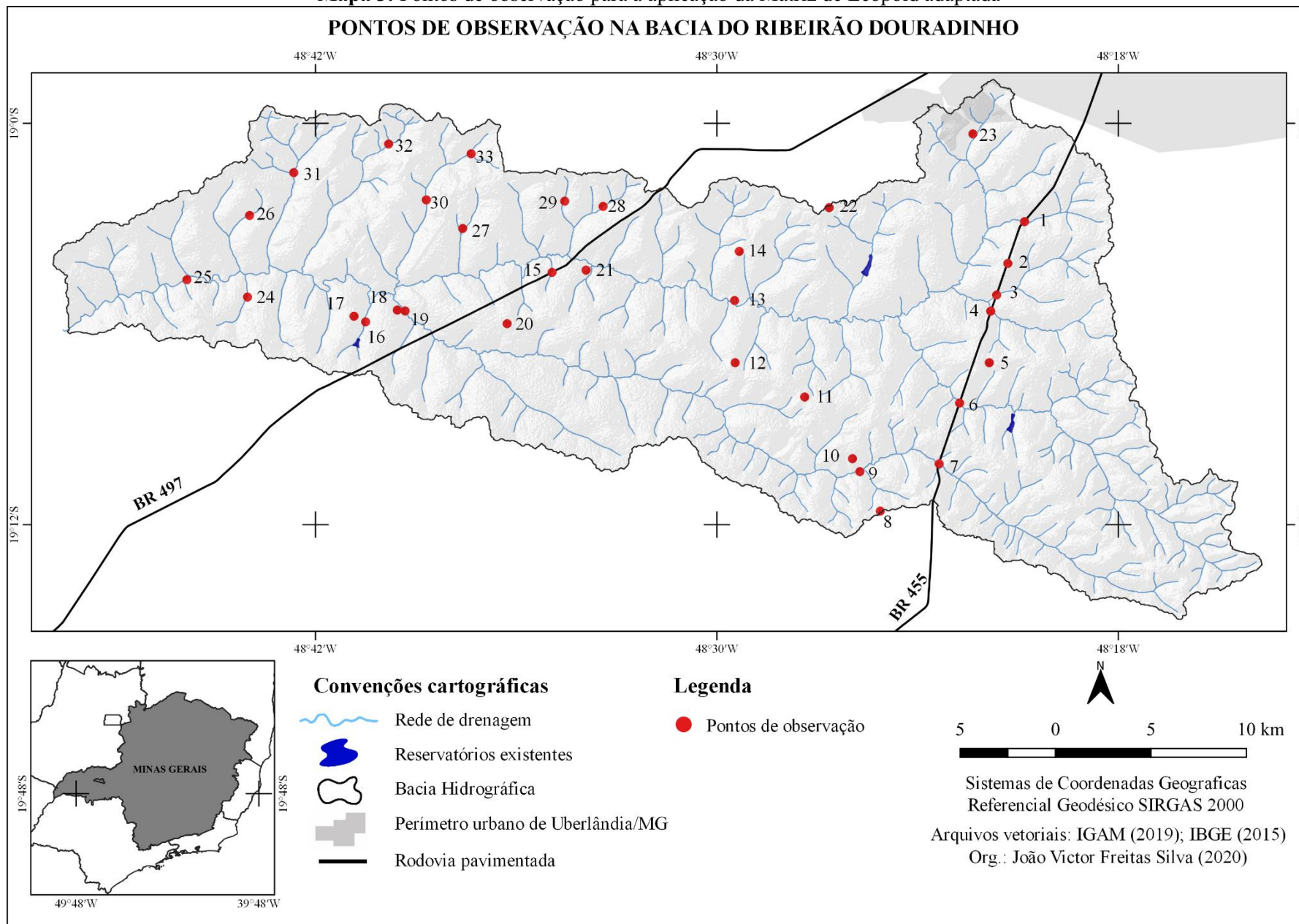
A Matriz de Leopold, desenvolvida como um método para a avaliação de impacto ambiental, foi adaptada levando em consideração as características biofísicas da área de estudo e as diferentes atividades impactantes, naturais e/ou antrópicas, encontradas na bacia.

Os aspectos ambientais referem-se às suas características biofísicas, como dados relativos aos solos, água, atmosfera e biosfera. Já as ações impactantes, selecionadas para a adaptação da matriz, consistem, basicamente, nas modificações no meio ambiente resultantes das atividades realizadas na área de estudo, com ênfase em aspectos relacionados à dinâmica hidrológica. Inicialmente, foram elencadas uma série de ações que, posteriormente, foram repensadas e reagrupadas em categorias mais abrangentes, visando aprimorar o preenchimento e análise dos dados.

Desta forma, as ações selecionadas para comporem a matriz foram: alterações realizadas nos canais fluviais; construções e tráfego rodoviário; impermeabilização dos solos; manejo das pastagens e criação de gado; ocupação e uso inadequado das faixas marginais de proteção dos cursos d'água; queimadas; e supressão vegetal e fragmentação ecossistêmica.

**Mapa 3:** Pontos de observação para a aplicação da Matriz de Leopold adaptada

**PONTOS DE OBSERVAÇÃO NA BACIA DO RIBEIRÃO DOURADINHO**



Após a obtenção dos dados, foi realizado o procedimento de avaliação dos impactos. Foram levadas em consideração as interações entre as ações impactantes (linhas da matriz) e os aspectos ambientais (colunas da matriz) da bacia por meio da ponderação dos seguintes parâmetros: relevância, magnitude, escala, duração e reversibilidade.

A **relevância** está associada ao grau de importância atribuído ao impacto; a **magnitude** ao seu grau de intensidade; a **escala** à sua grandeza física; a **duração** ao seu tempo de atuação; e a **reversibilidade** às propriedades do impacto em poder ser revertido ao seu estado anterior.

A realização da avaliação ocorreu da seguinte forma: para cada um dos parâmetros supracitados foi atribuído um valor de 0 a 3, referente à atuação de uma ação impactante sobre um determinado aspecto ambiental, buscando estabelecer um valor ao impacto. O resultado da avaliação consistiu na soma dos valores imputados a estes 5 parâmetros (relevância, magnitude, escala, duração e reversibilidade), variando de 0 a 15 para cada interseção analisada.

Após serem atribuídas as avaliações para cada interação entre linha/coluna da matriz, foi realizada a classificação final de impacto ambiental para cada um dos pontos observados. Primeiramente foram obtidos os valores referentes a cada ação impactante, alcançados a partir do cálculo da média dos resultados em suas correspondentes interseções.

Os resultados das médias foram relativizados e classificados em uma escala de 0 a 100, sendo atribuídos aos valores os seguintes pesos: 0 - Não interfere; 0,1 a 33,6 - Baixo impacto; 33,7 a 66,9 - Médio impacto; e 67 a 100 - Alto impacto.

Posteriormente, foi realizada a classificação geral referente a cada ponto analisado. Esta foi efetuada a partir do cálculo da média aritmética dos resultados obtidos da soma dos índices finais de todas as ações impactantes.

A matriz utilizada, adaptada mediante a realização do levantamento dos aspectos ambientais e das ações impactantes mais comuns que ocorrem na bacia, encontra-se destacada a seguir (figuras 4 e 5).

**Figura 4: Matriz de Leopold adaptada**

		VALORIZAÇÃO DO IMPACTO				LEGENDA											
		Alta (3)	Média (2)	Baixa (1)	Sem impacto (0)	ÍNDICE PARCIAL					ÍNDICE FINAL						
		0	Não interfere	0,1 a 5,0	Baixo impacto	5,1 a 10,0	Médio impacto	10,1 a 15	Alto impacto	0	Não interfere	0,1 a 33,3	Baixo impacto	33,4 a 66,6	Médio impacto	66,6 a 100	Alto impacto
		0	Não interfere	0,1 a 33,3	Baixo impacto	33,4 a 66,6	Médio impacto	66,6 a 100	Alto impacto								
MATRIZ DE LEOPOLD ADAPTADA		Principais aspectos ambientais relacionados à dinâmica hidrológica impactados															
		Terra				Água					Atmosfera		Biosfera			Índice (0 a 100)	
		Propriedades físicas dos solos	Propriedades químicas dos solos	Propriedades biológicas dos solos	Processos erosivos	Coefficiente de deflúvio	Qualidade hídrica	Transporte sedimentar fluvial	Quantidade hídrica	Recarga subterrânea	Variáveis microclimáticas	Qualidade do ar	Cerrado	Matas ciliares	Ecosistemas aquáticos		
Ações responsáveis pela geração de impactos ambientais negativos quanto à dinâmica hidrológica	Alterações diretas no canal fluvial	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Construção e tráfego rodoviário	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Impermeabilização de solos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Manejo de pastagens e criação de gado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ocupação e uso inadequado de faixas marginais de proteção de cursos d'água	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Produção e manejo agrícola	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Queimadas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Supressão vegetal e fragmentação ecossistêmica	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Média final do ponto															0,0

Fonte: Adaptado de Leopold et al (1971), Org.: Ferreira, V. O. (2019)

**Figura 5: Matriz de Leopold adaptada (continuação)**

Alterações diretas no canal fluvial	Relevância	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Magnitude	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Escala	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Duração	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Reversibilidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Total (0-15)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Construção e tráfego rodoviário	Relevância	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Magnitude	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Escala	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Duração	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Reversibilidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Total (0-15)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Impermeabilização de solos	Relevância	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Magnitude	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Escala	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Duração	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Reversibilidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Total (0-15)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Manejo de pastagens e criação de gado	Relevância	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Magnitude	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Escala	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Duração	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Reversibilidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Total (0-15)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ocupação e uso inadequado de faixas marginais de proteção de cursos d'água	Relevância	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Magnitude	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Escala	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Duração	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Reversibilidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Total (0-15)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Produção e manejo agrícola	Relevância	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Magnitude	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Escala	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Duração	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Reversibilidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Total (0-15)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Queimadas	Relevância	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Magnitude	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Escala	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Duração	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Reversibilidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Total (0-15)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Supressão vegetal e fragmentação ecossistêmica	Relevância	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Magnitude	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Escala	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Duração	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Reversibilidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	Total (0-15)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Fonte: Adaptado de Leopold et al (1971), Org.: Ferreira, V. O. (2019)



## **CAPÍTULO 2: CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA E USO DO SOLO NA BACIA DO RIBEIRÃO DOURADINHO**

Nos estudos de cunho geográfico, que buscam a caracterização e análise dos fatores físicos, naturais e socioeconômicos, torna-se imprescindível o emprego da categoria paisagem. Esta categoria tende a evidenciar a interação do homem com o espaço natural numa perspectiva sistêmica, tornando-se extremamente relevante para os estudos com temáticas voltadas às avaliações e ao planejamento ambiental.

Bertrand (2004) considera a paisagem como uma fração do espaço que resulta da conciliação dinâmica e instável de elementos físicos, biológicos e os resultantes da ação antrópica. Na perspectiva do autor, a paisagem não é definida nem por seus aspectos naturais, nem por suas transformações humanas, e sim pelo conjunto destes fatores que estão em constante mudança (BERTRAND, 2004).

De acordo com Cavalcanti (2007), a paisagem é a fisionomia, a morfologia ou a expressão formal do espaço, refletindo a visão que a população tem sobre a área a sua volta, tendo como função suportar uma identidade e servir de apoio para instigar a coesão existente na sociedade e sendo o fundamento da formação das identidades, agregando a linguagem científica com o emocional e, também, entre o saber geográfico e a identidade cultural.

Considerada por Santos (1996) como uma memória viva de um passado já morto, o estudo da paisagem revela dados importantes para análises ambientais no que tange a questões relacionadas à preservação e à conservação. Nesse sentido, Silveira (2009, p. 12) destaca que é nítida a necessidade de se focar a paisagem como “elemento transformado e condicionador, que compõe aspectos culturais relevantes da sociedade, que exprime valores, posturas e a própria existência do homem como ser explorador e, ao mesmo tempo, contemplador”.

De acordo com o autor:

O homem procura adequar a natureza às suas necessidades e com isso promove transformações drásticas no meio em que vive, sendo que algumas delas podem ser negativas e irrecuperáveis. Nesse sentido, essa categoria de análise do espaço assume importância considerável no âmbito da Geografia moderna, na medida em que torna-se um instrumento importante para a implantação de uma gestão ambiental (SILVEIRA, 2009, p. 12).

Em uma bacia hidrográfica o estudo da paisagem pode contribuir para a compreensão dos impactos causados ao meio ambiente decorrente das ações socioeconômicas e auxiliar no desenvolvimento de práticas voltadas à gestão do território e à utilização racional dos recursos naturais.

Cabe aqui ressaltar que uma bacia hidrográfica pode ser compreendida como “a área do terreno limitada por divisores que vertem toda sua água para a rede de rios que a drenam na superfície. É a área de captação natural da água proveniente da chuva que configura uma rede interconectada de cursos d’água” (GROTZINGER; JORDAN, 2004, p. 510).

Essa é também denominada como bacia de captação quando atua como coletora das águas pluviais ou bacia de drenagem quando atua como uma área que está sendo drenada pelos cursos d’água (SILVA, 1995). É “um elemento fundamental de análise no ciclo hidrológico, principalmente na sua fase terrestre, que engloba a infiltração e o escoamento superficial” (ARAÚJO et al., 2009, p. 1).

Sua formação está diretamente relacionada aos processos morfogenéticos responsáveis pela esculturação do relevo. Segundo Christofletti (1980, p. 29), o processo morfogenético pluvial “é um dos mais generalizados e importantes na esculturação das vertentes podendo se distinguir entre a ação mecânica das gotas da chuva e o escoamento”.

Destaca-se aqui que o comportamento hidrológico de uma bacia ocorre em função de suas características morfométricas e fisiográficas, do tipo da cobertura vegetal, das obras hidráulicas nela existente e também da frequência e intensidade das chuvas. Os fatores fisiográficos possuem um importante papel nos processos do ciclo hidrológico, influenciando, dentre outros, a infiltração e quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração, os escoamentos superficiais e subsuperficial (TEODORO et al., 2007).

Atualmente, os estudos voltados à análise da paisagem como instrumento de gestão territorial em bacias hidrográficas têm ganhado, cada vez mais, força na busca pelo entendimento da relação entre o homem e o espaço natural, bem como das transformações por ele causadas. Destaca-se assim que o estudo da paisagem, hoje, responde à crescente demanda da problemática ambiental, sendo apresentada em diferentes escalas (local, regional e global), e possibilitando o planejamento, o manejo, a conservação e a melhoria desta categoria (SILVEIRA, 2009).

Desta forma, o presente capítulo tem como finalidade apresentar uma caracterização dos aspectos físicos e geográficos da bacia do ribeirão Douradinho, tais como: litologia, relevo, solos, hidrografia, clima e uso do solo. A identificação dos componentes da paisagem aqui apresentados foi realizada por meio de trabalhos de campo, de pesquisas bibliográficas e da elaboração de materiais cartográficos em *software* de geoprocessamento, possibilitando a integração dos dados e o desenvolvimento das etapas posteriores.

## 2.1 Aspectos Geológicos

De fundamental importância para os estudos desenvolvidos em bacias hidrográficas, a identificação das principais formações geológicas existentes, e a sua disposição, constitui a base principal para a compreensão da formação dos solos, do relevo e da rede hidrográfica de uma determinada área. Desta forma, buscou-se aqui apresentar uma descrição do substrato rochoso da área de estudo apresentando, primeiramente, os aspectos geológicos em um contexto regional.

Segundo Nishiyama (1989) a mesorregião do Triângulo Mineiro, em sua grande maioria, encontra-se inserida na Bacia Sedimentar do Paraná, sendo representada por litologias da Era Mesozoica assentadas sobre rochas de idade Pré-cambriana. Na região em questão, não há a ocorrência de rochas de idade Paleozoica, diferenciando-se das áreas marginais da Bacia Sedimentar do Paraná, onde estão presentes rochas correspondentes a essa idade.

As litologias de idade Pré-cambrianas, as mais antigas da região, correspondem às rochas metamórficas do Complexo Basal Goiano (Arqueano) e do Grupo Araxá (Proterozoico) que se encontram sotopostas às litologias de idade Mesozoica (NISHIYAMA, 1989).

As rochas da Era Mesozoica são compostas pelas litologias magmáticas interpostas às formações sedimentares do Grupo São Bento e pelas rochas sedimentares do Grupo Bauru. Sobre as rochas do Grupo Bauru é encontrada, ainda, a cobertura de Sedimentos Cenozoicos inconsolidados, constituindo os terrenos de maiores altitudes (NISHIYAMA, 1989).

O Grupo São Bento, do período Juro-Cretáceo, constitui-se de um ambiente de deposição desértica formado pelas rochas sedimentares da Formação Botucatu e pelas rochas magmáticas basálticas da Formação Serra Geral. Na área de estudo são expressivos apenas os tipos litológicos ígneos pertencentes à Formação Serra Geral.

A Formação Serra Geral é composta por rochas efusivas básicas associadas a pequenas lentes de arenitos intertrapeanos intensamente silicificados. Sua formação relaciona-se a uma intensa atividade vulcânica ocorrida durante o Mesozoico, estando suas litologias amplamente distribuídas nas áreas das regiões Sul, Centro Oeste e Sudeste do país (NISHIYAMA, 1989).

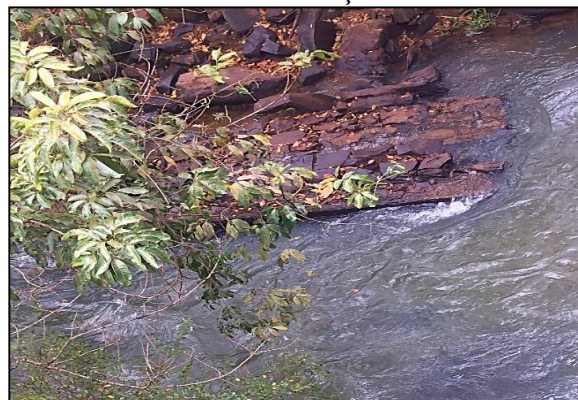
De acordo com Nishiyama (1989) os basaltos pertencentes a essa formação apresentam coloração cinza escuro e ocre, textura afanítica a farenítica, são predominantemente maciços e apresentam em sua estrutura fraturas, disjunções colunares e esfoliação esferoidal.

Na bacia do ribeirão Douradinho as rochas da Formação Serra Geral apresentam-se entre as cotas de 650 a 750 metros de altitude e estão recobertas pelas litologias do Grupo Bauru. Seus afloramentos acontecem principalmente no baixo curso do ribeirão até a sua confluência com o Rio Tijuco, onde as camadas superiores foram desgastadas pela ação erosiva (figura 6). Ocupam aproximadamente 68,89 km<sup>2</sup>, correspondentes a 7,47% da área da bacia.

**Figura 6:** Bacia do ribeirão Douradinho - Afloramento de basalto da Formação Serra Geral



**Lat.:** 19°04'45.23"S **Long.:** 48°41'17.48"O



**Lat.:** 19°06'15.46"S **Long.:** 48°38'29.76"O

Fonte: Silva, J. V. F. (2019)

O Grupo Bauru, no Triângulo Mineiro, é composto por rochas sedimentares do período cretáceo correspondente às Formações Uberaba, Vale do Rio do Peixe e Marília, sendo apenas as duas últimas formações encontradas na área de estudo. Este grupo corresponde à unidade suprabasáltica preservada, que apresenta espessuras diferenciadas (BATEZELLI, 2003). Suas rochas encerram a fase de deposição na Bacia Sedimentar do Paraná com a sedimentação da Formação Marília (NISHIYAMA, 1989).

Segundo Fernandes e Coimbra (1996) a Formação Vale do Rio do Peixe corresponde a grande parte da antiga Formação Adamantina definida por Soares et al. (1980). As rochas dessa formação são compostas por estratos de espessura submétrica, de arenitos intercalados com siltitos ou lamitos arenosos de contatos não ou pouco erosivos. Seus arenitos são de muito finos a finos e apresentam coloração branco-rosada a amarelada com aspecto maciço ou estratificação cruzada tabular e acanalada de médio a pequeno porte (FERNANDES; COIMBRA, 1996).

A sedimentação desta unidade deu-se em rios entrelaçados, sob clima semiárido. Observa-se uma ritmicidade dos estratos sedimentares, com níveis representando momentos de maior aridez e subsequentes eventos de inundação (FERNANDES; COIMBRA, 1996).

Na bacia do ribeirão Douradinho as rochas da Formação Vale do Rio do Peixe estão entre as cotas altimétricas de 700 a 800 metros e repousam diretamente sobre os basaltos da Formação Serra Geral (Grupo São Bento), ocupando a maior parte do local estudado, aproximadamente 382,63 km<sup>2</sup>, correspondentes a 41,50% da área da bacia. Sua exposição ocorre mais comumente no vale dos córregos ou no fundo das voçorocas (figura 7).

**Figura 7:** Bacia do ribeirão Douradinho - Exposição dos arenitos da Formação Vale do Rio do Peixe



Lat.: 19°02'31.02"S Long.: 48°41'17.48"O



Lat.: 19°02'32.34"S Long.: 48°26'37.11"O

Fonte: Silva, J. V. F. (2019)

A Formação Marília é composta por camadas espessas de arenitos conglomeráticos, conglomerados de grãos angulosos dispostos sob níveis carbonáticos com espessura de 1 a 2 metros (NISHIYAMA, 1989). Uma das principais características dessa formação dizem respeito à grande quantidade de conteúdo de cimento carbonático (CaCO<sub>3</sub>) em suas rochas. Este se encontra presente como um cimento micrítico disperso na rocha ou concentrados em níveis ou zonas de fratura (BARCELOS, 1984).

Esta formação se desenvolveu em regimes torrenciais referentes a leques aluviais de clima semiárido, e foi subdividida de acordo com as características de seus sedimentos em três diferentes membros: Ponte Alta, Serra da Galga e Echaporã (BARCELOS, 1984). Na área de estudo esta formação é representada pelo Membro Serra da Galga.

O Membro Serra da Galga é constituído predominantemente por sedimentos arenosos e conglomeráticos, litoarenitos, sublitoarenitos e litoarenitos feldspáticos, mal a pobremente selecionados. São arenitos imaturos formados em ambientes semiáridos, com cores amarelas a avermelhadas, originadas de sedimentação fluvial de leques aluviais e lagos efêmeros (SUGUIO, 1973).

Na bacia do ribeirão Douradinho as rochas da Formação Marília/ Membro Serra da Galga apresentam-se entre as cotas de 750 a 850 metros de altitude, estão assentadas sobre os arenitos da Formação Vale do Rio do Peixe e ocupam aproximadamente 135,06 km<sup>2</sup>, correspondentes a 14,64% da área da bacia.

A Cobertura Cenozoica, sobrejacentes às formações anteriores, constituem às unidades mais recentes encontradas e encerram a composição geológica da área (figura 8). São formadas por depósitos detrítico-lateríticos do Terciário e Quaternário representadas por sedimentos inconsolidados, com granulometria variada: cascalhos, areia e silte, apresentando coloração avermelhada a alaranjada, predominando seixos de quartzo, quartzito e basalto, correspondendo a sedimentos inconsolidados de origem coluvionar (NISHIYAMA, 1989).

**Figura 8:** Bacia do ribeirão Douradinho - Exposição da Cobertura Cenozoica



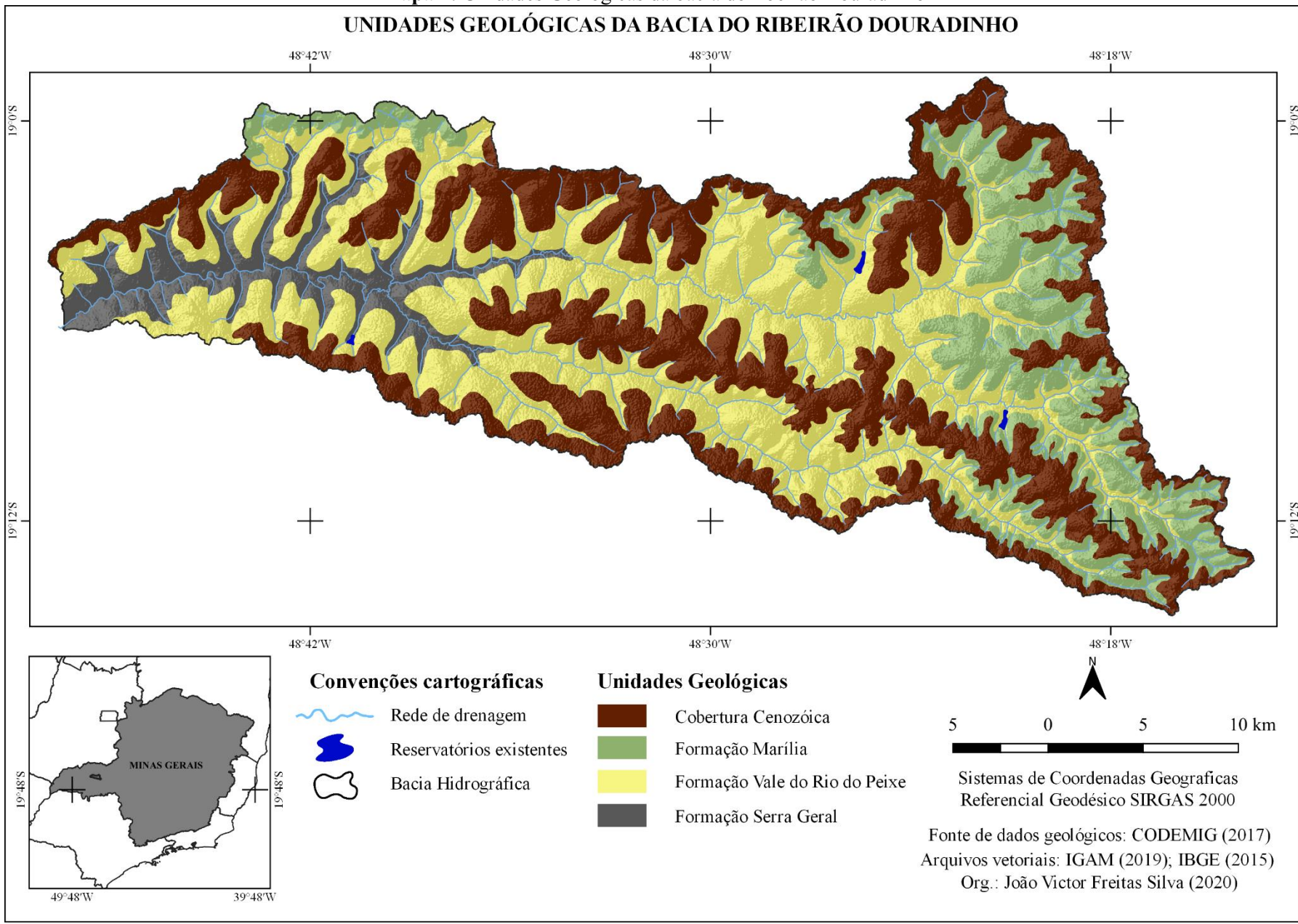
**Lat.:** 19°01'49.13"S **Long.:** 48°24'27.89"O  
Fonte: Silva, J. V. F. (2019)

Na bacia estudada a Cobertura cenozoica apresenta-se entre as cotas altimétricas de 700 a maiores de 900 metros. Esses sedimentos recobrem 335,58 km<sup>2</sup> da bacia, 36,39% da área total, revestindo as litologias mais antigas, principalmente as da Formação Marília, em áreas de relevo de topo plano e vertentes dos vales fluviais.

Os aspectos geológicos da bacia hidrográfica do ribeirão Douradinho aqui descritos estão representados no mapa a seguir (mapa 4), conforme a distribuição das suas unidades litológicas.

Mapa 4: Unidades Geológicas da bacia do ribeirão Douradinho

### UNIDADES GEOLÓGICAS DA BACIA DO RIBEIRÃO DOURADINHO



## 2.2 Características do relevo

A compreensão das formas do relevo constitui-se como o objeto de estudo da geomorfologia, tanto nos aspectos de sua gênese como no de sua evolução. Essas expressões espaciais da superfície não são componentes independentes, mas sim o resultado da integração entre diferentes fatores ambientais e por isso consideradas como um importante recurso para a análise da paisagem.

Segundo Christofolletti (1980) a análise das formas e dos processos geomorfológicos, proporcionada através da visão integrada do meio físico, fornece conhecimento sobre os aspectos e as dinâmicas da topografia atual. Tal conhecimento pode contribuir para o planejamento e conservação dos recursos naturais, estabelecendo formas racionais de uso destes recursos.

De acordo com a denominação proposta por Ab'Saber (1971) a Região Geográfica Intermediária de Uberlândia está inserida no Domínio dos Chapadões Tropicais do Brasil Central, denominada pelo Projeto RADAM Brasil como áreas de Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná (RADAM-BRASIL, 1973). Com base em sua classificação morfoclimática, Ab'Saber (2003) considera a região pertencente ao Domínio dos Chapadões Recobertos por Cerrados e Penetrados por Florestas-Galeria.

Segundo o autor são regiões caracterizadas por maciços planaltos de estrutura complexa e planaltos sedimentares ligeiramente compartimentados com níveis que variam entre 300 e 1700 metros de altitude nas áreas nucleares, apresentando interflúvios muito largos e vales simétricos geralmente espaçados, de baixa densidade de drenagem e hidrográfica (AB'SABER, 2003).

Em virtude da presença de plainos de erosão e plataformas estruturais escalonadas, com rampas semicôncavas e discreta convexização geral das vertentes, são áreas que não manifestam mamelonização. Expressam níveis de pediplanação embutidos: planos de cimeira e plainos intermediários, terraços cascalhentos e mal definidos nas vertentes, além de sinais de flutuação climática e paisagística (AB'SABER, 2003).

Parte integrante da Região Geográfica Intermediária de Uberlândia, a bacia do ribeirão Douradinho apresenta, de acordo com a classificação da EMBRAPA (2018), áreas de relevo plano, suave ondulado e ondulado, com altimetrias que variam entre 607 e 922 metros, com uma amplitude altimétrica de 315 metros. De acordo com Baccaro (1990) a história paleogeográfica imprimiu na paisagem dessa região unidades geomorfológicas bem definidas e comandadas, na atualidade, por diferenciações morfogenéticas a nível das vertentes.



Em seus estudos, Baccaro (1991), ao integrar e analisar os fatores correspondentes às formas, declividade, litologia e altimetria, realizou uma classificação do relevo da região com base em diferentes níveis de dissecação em: áreas elevadas de cimeira/relevo com topo plano; área de relevo residual; área de relevo mediamente dissecado e área de relevo intensamente dissecado.

As áreas elevadas de cimeira correspondem às áreas que apresentam topos planos, amplos e largos, vertentes suavizadas e declividade entre 3° e 5°, pouca ramificação de drenagem, com altitudes de 900 a 1.050 metros. As áreas de relevo residual correspondem às áreas que apresentam bordas escarpadas erosivas, com declividades que podem atingir 45°. Encontram-se situadas nas porções mais elevadas em topos e divisores d'água das principais bacias da região, em altitudes que variam entre 800 e 900 metros (BACCARO, 1991).

As áreas de relevo mediamente dissecado compreendem a parte da transição entre o relevo intensamente dissecado e as áreas elevadas de cimeira. Desta forma, caracterizam-se por seus topos aplainados de altimetria entre 700 e 900 metros, constituídas por vertentes suaves, convexas e com declividade de 3° a 15°. As áreas de relevo intensamente dissecado correspondem aos vales encaixados de altimetria entre 500 e 700 metros, caracterizadas por apresentarem declividades mais acentuadas, de 25 ° a 40° (BACCARO, 1991).

Seguindo a compartimentação geomorfológica proposta por Baccaro (1991) para o município de Uberlândia, destaca-se que no local estudado são encontradas áreas elevadas de cimeira/relevo com topo plano e áreas de relevo mediamente dissecado. A primeira correspondendo à área de transição para a Depressão Uberaba e a segunda à área do Soerguimento do alto Paranaíba, à montante da bacia (PEREIRA, 2016).

As áreas elevadas de cimeira/relevo com topo plano foram classificadas por Rocha et al. (2003) como áreas de relevo tabular, consideradas as mais elevadas da região (figura 9). Suas formas são sustentadas pela Formação Marília e recobertas pelos depósitos Cenozoicos. Tais áreas apresentam relevo do tipo denudacional tabular com formas amplas e baixa densidade de drenagem, com interflúvios que variam entre 750 e 3.750 metros e dissecações menores que 40 metros (BACCARO, 1989; BATEZELLI, 2003).

Segundo Pereira (2016, p. 124) este “trata-se do compartimento mais preservado da região, tendo o avanço da erosão remontante a leste pelas drenagens da bacia do Rio Tijuco.”

**Figura 9:** Bacia do ribeirão Douradinho - Áreas elevadas de cimeira



Lat.: 19°04'11.30"S Long.: 48°21'18.44"O



Lat.: 19°07'07.61"S Long.: 48°21'54.04"O

Fonte: Silva, J. V. F. (2019)

Nas áreas de relevo mediamente dissecado são encontradas vertentes suaves, com topos aplainados, interrompidas por rupturas mantidas por material laterítico (figura 10). Rocha et al. (2003) classificaram esse compartimento como Planalto Dissecado do Tijucu, limitado pelo Planalto Tabular e pelo Planalto Residual.

Baccaro (1999) ressalta que é nesse compartimento que são encontradas as principais causas para o intenso processo erosivo que originou as voçorocas no local. Segundo a autora a concentração de chuvas torrenciais que ocorrem no período chuvoso dessa região, oferecendo maior intensidade de energia nas vertentes, associadas à ocupação desordenada e a alta suscetibilidade dos solos, são tidas como responsáveis pela ocorrência desses fenômenos erosivos em diferentes escalas (BACCARO, 1989).

**Figura 10:** Bacia do ribeirão Douradinho - Áreas de relevo mediamente dissecado



Lat.: 19°10'54.40"S Long.: 48°25'43.70"O



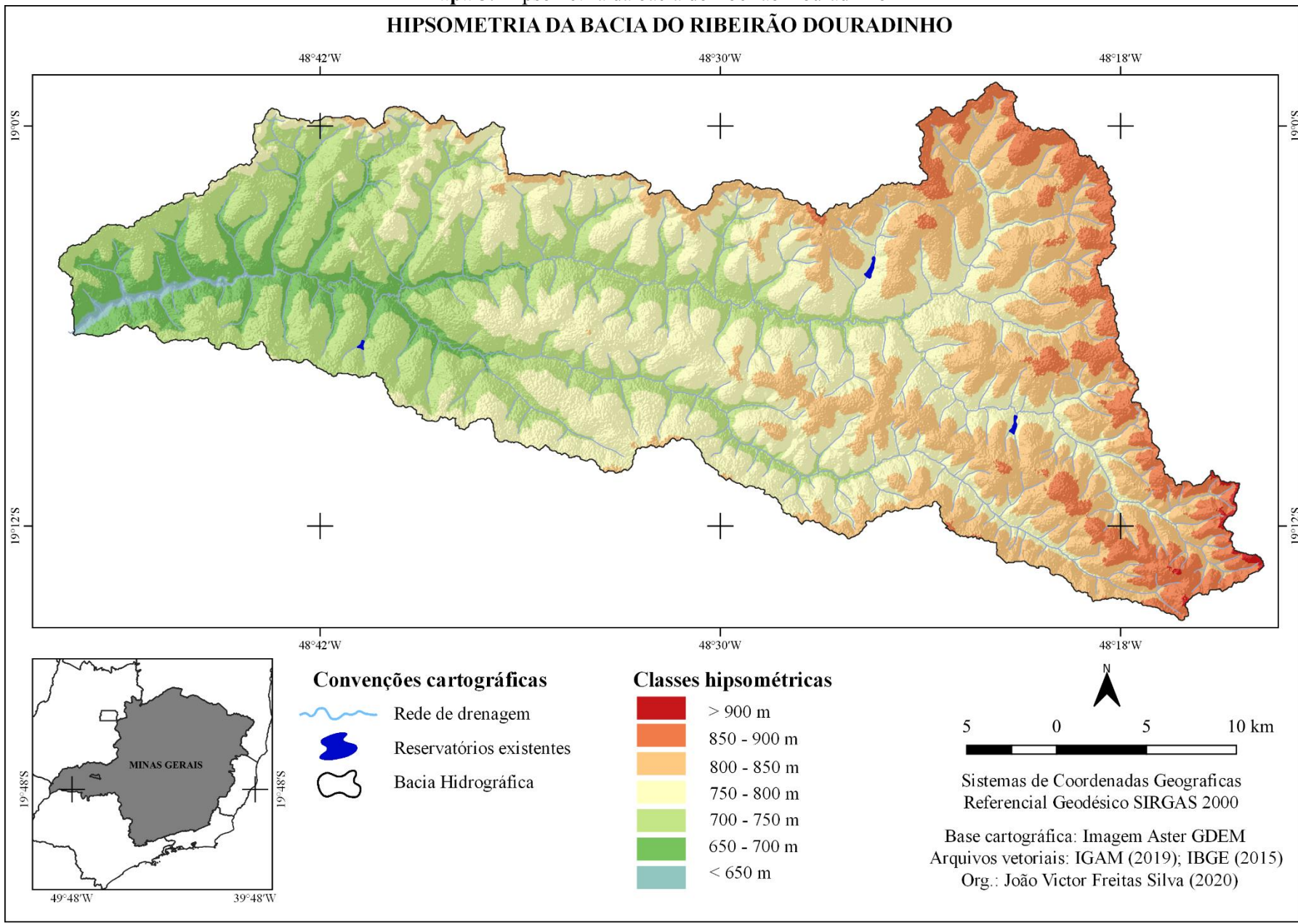
Lat.: 19°07'09.75"S Long.: 48°29'27.61"O

Fonte: Silva, J. V. F. (2019)

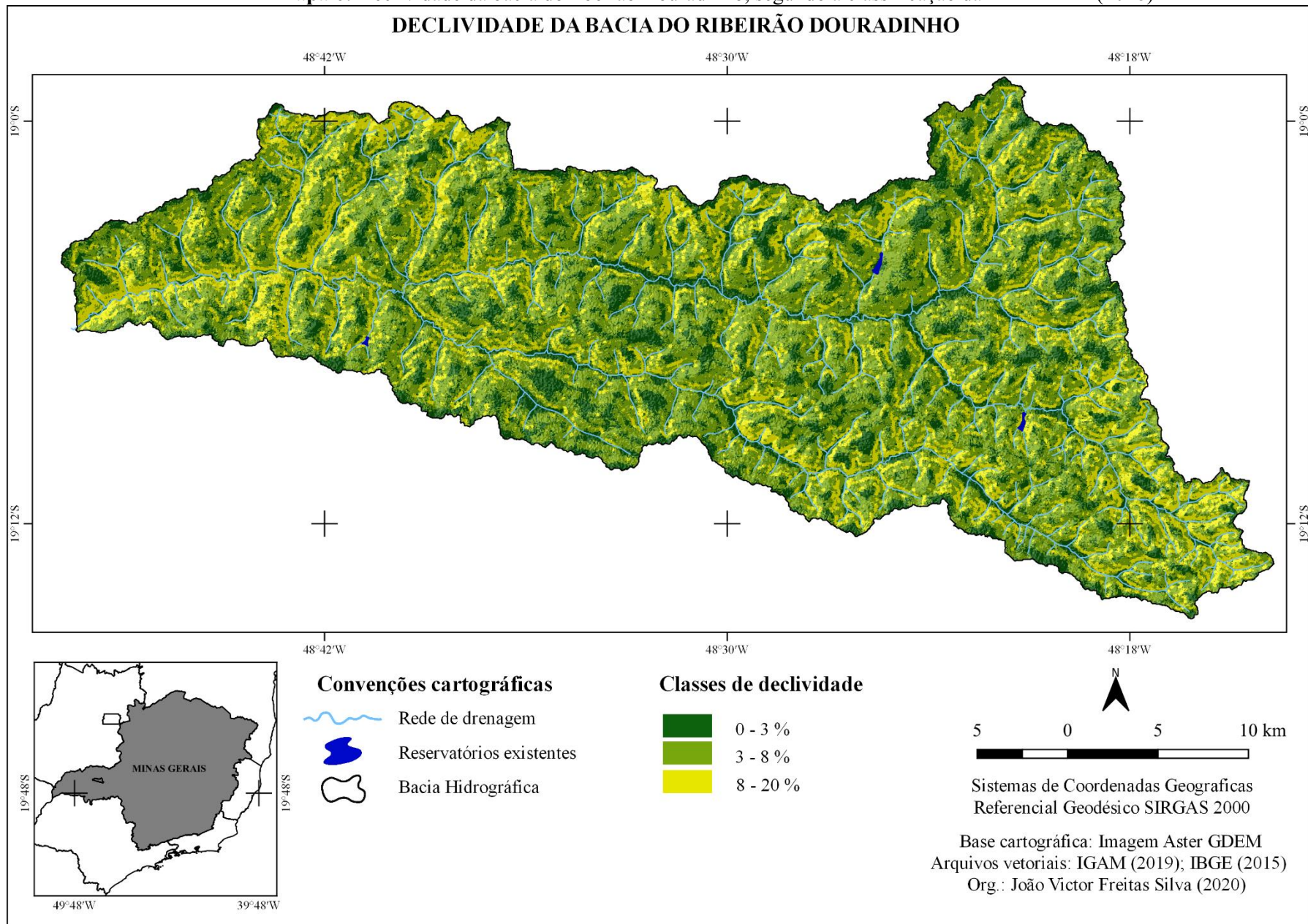
Para uma melhor análise dos níveis de dissecção foram elaborados os mapas de hipsometria e declividade da área em questão (mapas 5 e 6), que contribuem para o entendimento do desenvolvimento das formas e da dinâmica dos elementos morfogenéticos.

Mapa 5: Hipsometria da bacia do ribeirão Douradinho

### HIPSOMETRIA DA BACIA DO RIBEIRÃO DOURADINHO



**Mapa 6:** Declividade da bacia do ribeirão Douradinho, segundo a classificação da EMBRAPA (2018)



### 2.3 Classes de solo

O solo é um corpo natural da superfície terrestre, constituído por materiais minerais e orgânicos, resultante de uma complexa interação entre diferentes fatores. Sua formação é dependente do material de origem, do clima, do relevo, dos organismos e do tempo. Sendo assim, este constitui um componente fundamental para o estudo das paisagens por sua multiplicidade de funções. Além de ser o principal substrato utilizado pelas plantas, este atua também como regulador na distribuição, escoamento e infiltração das águas das chuvas.

O levantamento dos tipos de solo na bacia do ribeirão Douradinho foi baseado no Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SiBCS) da EMBRAPA Solos (2018), sistema taxonômico oficial do Brasil. A caracterização das tipologias pedológicas foi realizada até o seu terceiro nível categórico, correspondentes aos grandes grupos.

Segundo a EMBRAPA (2018), nesse nível as classes são separadas de acordo com as seguintes características: “tipo e arranjo dos horizontes; atividade da fração argila; condição de saturação por bases e/ou presença de sais solúveis; e presença de horizontes ou propriedades que restringem o desenvolvimento das raízes e afetam o livre movimento da água no solo” (EMBRAPA, 2018, p. 77).

Na área de estudo, os solos com maiores ocorrências são os Latossolos, entretanto, são encontrados também Argissolos e, em associação com os anteriores, os Nitossolos e Neossolos. De acordo com a EMBRAPA (2018) os Latossolos são solos constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte diagnóstico superficial, exceto hístico. São solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos como resultado de enérgicas transformações no material constitutivo.

Os solos desta classe variam de fortemente a bem drenados, normalmente muito profundos, sendo a espessura raramente inferior a 1 metro. Tem sequência de horizontes A, B e C com pouca diferenciação de sub-horizontes e transições usualmente difusas ou graduais, típicos das regiões equatoriais e tropicais, ocorrendo também em zonas subtropicais, distribuídos por amplas e antigas superfícies de erosão, pedimentos ou terraços fluviais antigos, em relevo plano e suave ondulado (EMBRAPA, 2018).

Na bacia estudada são encontrados Latossolos Vermelhos Distróficos por toda a área, mas principalmente, no médio e baixo curso, Latossolos Vermelhos Distroféricos no médio curso, Latossolos Vermelhos Ácricos no médio e alto curso e Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos no alto curso (figura 11).

**Figura 11:** Bacia do ribeirão Douradinho - Latossolos Vermelhos Distróficos (a) e Latossolos Vermelhos Ácricos (b)



Lat.: 19°05'34.74"S Long.: 48°39'33.51"O



Lat.: 19°02'56.09"S Long.: 48°20'48.94"O

Fonte: Silva, J. V. F. (2019)

Os Argissolos são solos constituídos por material mineral, que apresentam como características diferenciais a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa, ou atividade alta desde que em acordo com saturação por bases baixa ou com caráter aluminico. A maior parte dos solos desta classe apresenta um evidente incremento no teor de argila do horizonte superficial para o horizonte B, com ou sem decréscimo nos horizontes subjacentes (EMBRAPA, 2018).

São solos de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas e raramente brumadas ou acinzentadas. Sua textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt, sempre havendo aumento de argila daquele para este (EMBRAPA, 2018). Na área de estudo, os argissolos são encontrados à montante, próximo às nascentes dos ribeirões Panga e Água Limpa, e também no médio curso em associação com os Latossolos Vermelhos Distróficos, sendo especificamente das tipologias Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico e Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (figura 12).

**Figura 12:** Bacia do ribeirão Douradinho - Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos



Lat.: 19°10'24.47"S Long.: 48°25'42.66"O



Lat.: 19°10'24.32"S Long.: 48°25'42.43"O

Fonte: Silva, J. V. F. (2019)

Os Neossolos compreendem os solos constituídos por material mineral ou por material orgânico pouco espesso que não apresentam alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos, seja em razão de características inerentes ao próprio material de origem ou em razão da influência dos demais fatores de formação, que podem impedir ou limitar a evolução dos solos (EMBRAPA, 2018).

Estes solos admitem diversos tipos de horizontes superficiais, incluindo horizonte O com menos de 20 cm de espessura, quando assentada à rocha ou horizonte A húmico, ou proeminente com mais de 50 cm quando assentada à camada R, C ou Cr (EMBRAPA, 2018). Na bacia, são encontrados Neossolos Quartizarenicos Órticos, em associação com os Latossolo Vermelhos Distróficos e Neossolos Litólicos Distróficos, em associação com os Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos.

Os Nitossolos são solos constituídos por material mineral, com horizonte B nítico, textura argilosa ou muito argilosa desde a superfície do solo, com estrutura em blocos subangulares, angulares ou prismáticas, de grau moderado ou forte, com serosidade expressiva e/ou caráter retrátil (EMBRAPA, 2018).

Os solos desta classe são moderadamente ácidos a ácidos, com argila de atividade baixa ou com caráter alumínico misturados com argila de atividade alta, com composição caulínico oxídica (EMBRAPA, 2018). Na área de estudo, são encontrados Nitossolos Vermelhos Distróficos, associados aos Latossolos Vermelhos Distróficos e Nitossolo Vermelhos Eutrófico, associados aos Latossolos Vermelhos Distrofêrricos.

As tipologias de solo aqui apresentadas foram identificadas com base nos dados de pedologia do IBGE, versão 2019, utilizando as nomenclaturas recomendadas pelo SiBCS, conforme a tabela 9, e estão representadas no mapa 7.

**Tabela 9:** Bacia do ribeirão Douradinho - Legenda das tipologias de solo

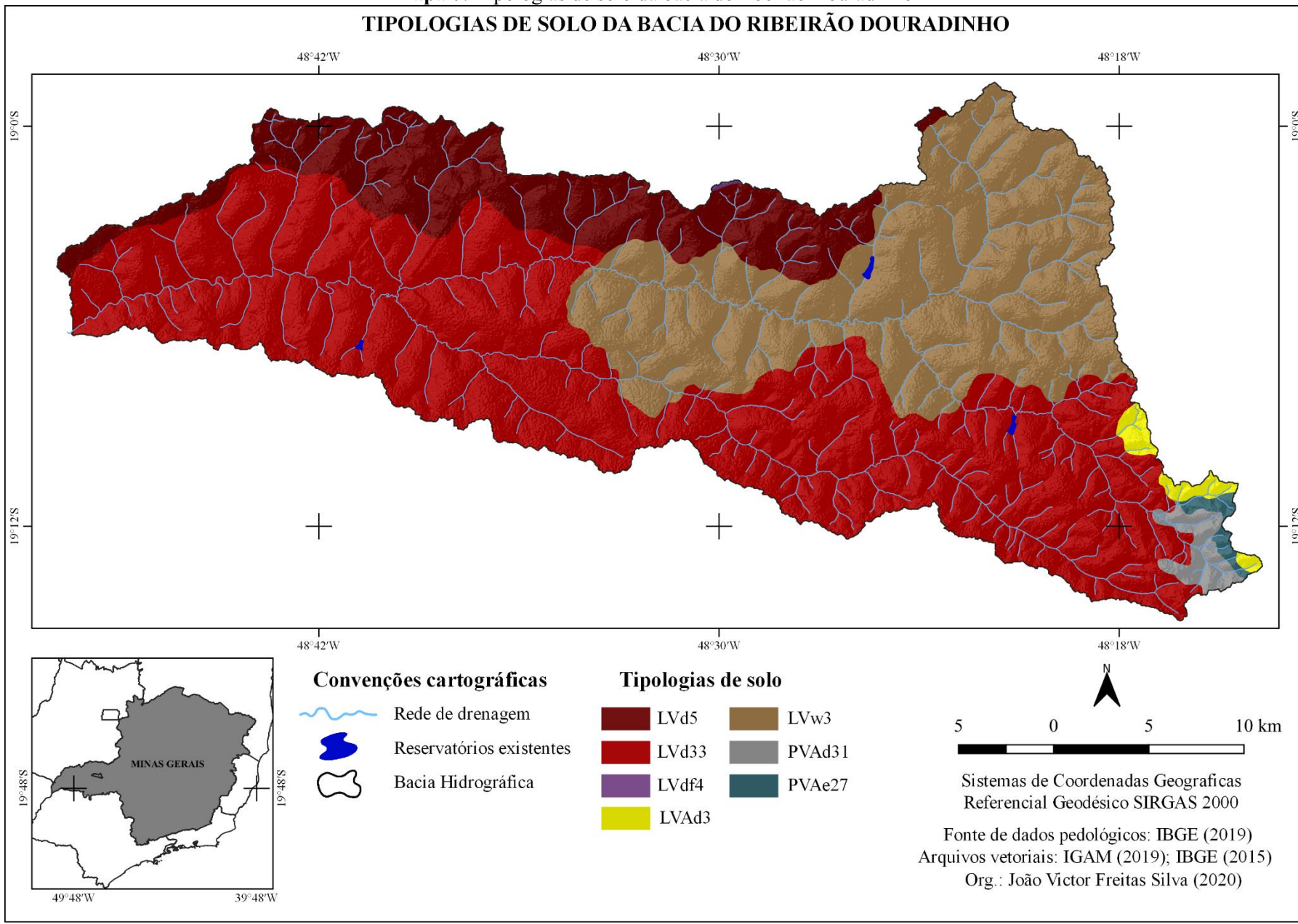
---

<b>LVd5</b> – Latossolo Vermelho Distrófico + Nitossolo Vermelho Distrófico
<b>LVd33</b> – Latossolo Vermelho Distrófico + Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico + Neossolo Quartizarenico Órtico
<b>LVdf4</b> - Latossolo Vermelho Distrofêrrico + Nitossolo Vermelhos Eutrófico
<b>LVAd3</b> – Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico + Latossolo Vermelho Distrófico
<b>LVw3</b> - Latossolo Vermelho Ácrico
<b>PVAd3</b> – Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico + Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico + Neossolo Litólico Distrófico
<b>PVAe27</b> – Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico

---

Mapa 7: Tipologias de solo da bacia do ribeirão Douradinho

TIPOLOGIAS DE SOLO DA BACIA DO RIBEIRÃO DOURADINHO





## 2.4 Rede de drenagem

Os estudos relacionados às redes de drenagem sempre tiveram uma função relevante nas pesquisas voltadas à Geomorfologia. Christofolletti (1980, p. 102) destaca que esta é compreendida como uma “superfície composta por um conjunto de canais de escoamento inter-relacionados responsáveis pela drenagem da água superficial, em geral, proveniente das chuvas, de uma bacia hidrográfica”.

De acordo com o autor, a quantidade do volume de água que atinge os cursos fluviais depende do tamanho da área ocupada pela bacia, do volume da precipitação total e de seu regime, e das perdas que ocorrem devido à evapotranspiração<sup>1</sup> e a infiltração no solo (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A caracterização da rede de drenagem de uma bacia hidrográfica consiste em uma das mais comuns e importantes ferramentas utilizadas em análises ambientais e hidrológicas. Esta ferramenta tem como objetivo explicar as várias questões relacionadas ao entendimento da dinâmica ambiental e regional (TEODORO et al., 2007).

Desta forma, a fim de empreender uma análise da área de estudo, buscou-se aqui apresentar alguns dados referentes à bacia do ribeirão Douradinho. Os parâmetros analisados na bacia foram: o padrão de drenagem; o fator forma; a simetria da bacia; a densidade dos canais; a densidade da drenagem; e, por fim, a hierarquia fluvial.

A bacia estudada é identificada, de acordo com a classificação de escoamento global, como sendo do tipo exorréica. Esta se dá quando o escoamento das águas ocorre de modo contínuo para o mar ou oceano, ou seja, quando desembocam diretamente no nível do mar. Individualmente seus canais apresentam características de escoamento de caráter consequente. Este tipo de escoamento particulariza-se por seu curso ser determinado pela declividade da superfície terrestre, seguindo na direção da inclinação das camadas (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Em relação ao seu padrão de drenagem, o qual refere-se ao arranjo espacial dos seus canais fluviais, a bacia apresenta características do padrão dendrítico. De acordo com Christofolletti (1980), este padrão é também designado como arborescente devido a sua semelhança à configuração de uma árvore.

Segundo o autor, neste caso a corrente principal corresponde ao tronco da árvore, o tributário aos seus ramos e as correntes menores aos raminhos e folhas. Do mesmo modo como nas árvores “os ramos formados pelas correntes tributárias distribuem-se em todas as

---

<sup>1</sup> Evapotranspiração é a transformação da água de estado líquido para gasoso do solo, plantas e superfícies livres devido à radiação, vento e outras características físicas (TUCCI; MENDES, 2006, p. 15).

direções sobre a superfície do terreno, e se unem formando ângulos agudos de graduações variadas” (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 103).

Após o cálculo dos Índices de Compacidade (de valor 2,1), Fator de Forma (de valor 0,08) e Índice de Circularidade (de valor 0,24), Pereira (2016), constatou que a bacia em questão apresenta uma forma alongada, pouco propensa à inundação, evidenciando drenagens encaixadas e com maior poder de carreamento de material.

O fator de assimetria da bacia do ribeirão Douradinho indica que a drenagem encontra-se deslocada para a esquerda posição central da bacia, com uma diferença de 64,5%. Tal constatação aponta um basculamento da margem direita que proporcionou maior desenvolvimento das drenagens nessa margem. Na cabeceira, observa-se uma inversão desses valores, demonstrando que na margem esquerda encontram-se drenagens mais alongadas (PEREIRA, 2016).

A densidade de rios (Dr), proposto por Horton (1945), demonstra a relação existente entre o número total de rios ou cursos d'água e a área da bacia. Na área de estudo, para esse índice foi obtido o resultado correspondente a 0,3 canais/km<sup>2</sup>, indicando uma fraca capacidade à geração de novos cursos de água.

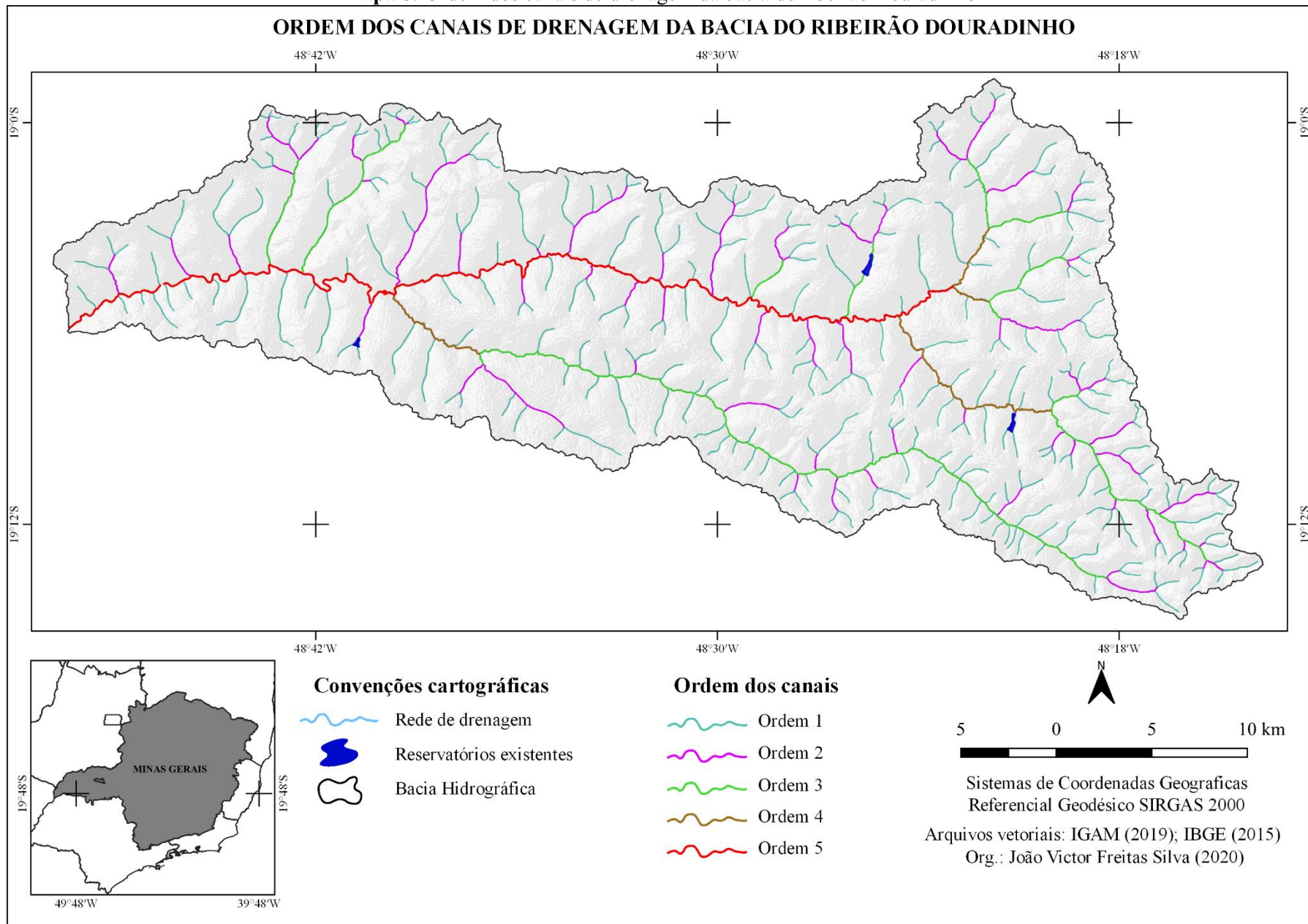
Em relação à densidade de drenagem (Dd), destaca-se que esse é um parâmetro essencial para expressar o grau de dissecação topográfica das paisagens. Este índice correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia hidrográfica (HORTON, 1945).

De acordo com Beltrame (1994), a Dd pode variar entre 0,5 para bacias com drenagem baixa e 3,5 para bacias com drenagem muito alta, sendo maiores em áreas impermeáveis de precipitação elevada, e menores em áreas permeáveis, com elevada taxa de infiltração, salientando assim a influência da litologia e das variações pluviométricas no valor de Dd de cada bacia hidrográfica.

Na bacia do ribeirão Douradinho o resultado obtido para a Dd foi de 0,8 km/km<sup>2</sup>, indicando uma área com densidade mediana. Christofolletti (1980) destaca que a densidade da drenagem é proporcionalmente inversa ao comprimento dos rios. Desta forma, à medida que aumenta o valor numérico da densidade há uma diminuição do tamanho dos componentes fluviais das bacias de drenagem.

No que consiste à hierarquia fluvial, de acordo com os critérios propostos por Strahler (1952) a bacia estudada apresenta canais de 1<sup>a</sup> a 5<sup>a</sup> ordem, apontando que a mesma é de tamanho grande e possui uma considerável ramificação (mapa 8).

**Mapa 8:** Ordem dos canais de drenagem da bacia do ribeirão Douradinho



Para Strahler, os canais menores, que não possuem tributários, são os de primeira ordem, estendendo-se da nascente à confluência; os canais de segunda ordem são os canais subsequentes à confluência de dois canais de primeira ordem e assim sucessivamente, sendo que a confluência com canais de ordem hierárquica menor não altera a hierarquização da rede (CHEREM, 2008).

Segundo Antonelli e Thomaz (2007), a combinação dos diversos dados morfométricos permite a diferenciação de áreas homogêneas. Estes parâmetros podem revelar indicadores físicos específicos para um determinado local, de forma a qualificarem as alterações ambientais. Destaca-se também sua importância nos estudos sobre vulnerabilidade ambiental em bacias hidrográficas.

## **2.5 Aspectos climáticos**

O clima, definido como a sucessão dos tipos de “tempo” em um determinado local, é um fenômeno decorrente da interação dos processos físicos de uma região (SORRE, 1951). A caracterização deste fenômeno é um elemento fundamental para a análise dos potenciais naturais, das atividades econômicas/sociais e do desenvolvimento da vegetação (GONÇALVES, 2014).

Ressalta-se que o clima da região do Triângulo Mineiro, mais especificamente do Município de Uberlândia (onde se insere a maior porção da bacia do ribeirão Douradinho), é caracterizado como tropical. Segundo a categorização de Köppen, o clima dessa área é classificado como sendo do tipo Aw, característico de regiões tropicais, com a ocorrência de duas estações bem definidas: uma seca (de maio a setembro), com invernos moderados e secos, e outra chuvosa (de outubro a março), de verões úmidos e quentes (RODRIGUES; NISHIYAMA, 2001).

A temperatura média anual da área de estudo situa-se em torno de 21°C, com temperaturas do mês mais frio chegando aos 19°C em termos médios. Sua pluviosidade média anual varia entre 1.250 e 1.800 mm, concentradas no verão, o déficit hídrico anual varia entre 75 mm e 200 mm e o excedente hídrico entre 450 e 800 mm (PEREIRA, 2016).

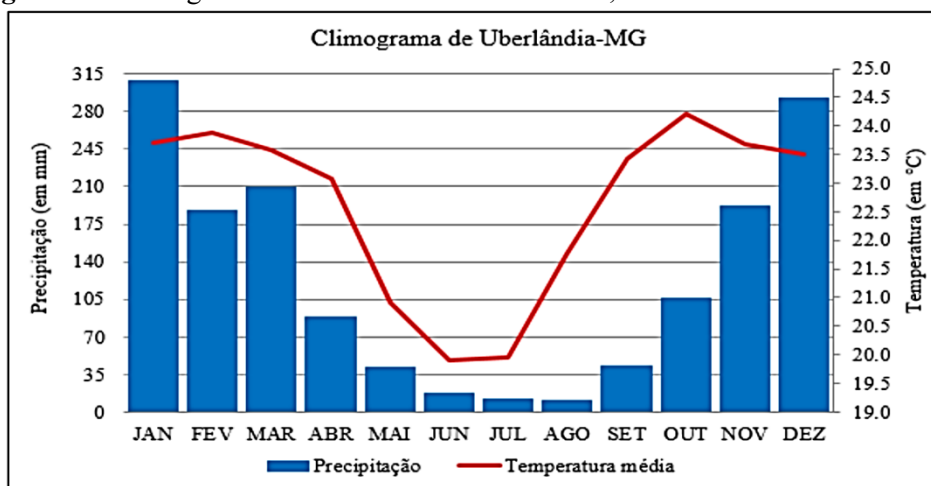
De acordo com dados apresentados por Petrucci (2018), as maiores temperaturas em Uberlândia concentram-se entre os meses de setembro e abril, correspondente ao período chuvoso, apresentando valores médios que ultrapassam os 23°C. Salienta-se que as temperaturas médias mais elevadas são registradas nos meses de outubro (24,2°C) e fevereiro (23,9°C). Já as menores temperaturas encontram-se entre os meses de maio e agosto, onde os

meses mais frios são junho (19,9°C) e julho (20°C). O gradiente entre as médias do mês mais quente e o mais frio é de 4,3°C.

Em relação à precipitação, Petrucci (2018) ressalta que esta concentra-se entre os meses de outubro e março, sendo as maiores registradas nos meses de dezembro (309 mm), e janeiro (292 mm). De abril a setembro ocorre o período de estiagem, onde as médias totais de precipitação são abaixo de 100 mm, sendo as menores nos meses de julho (10 mm), e agosto (11 mm), (figura 13).

Para Pereira (2016), o papel do clima na morfogênese relaciona-se à presença da água, pois, esta propicia a evolução das vertentes e a escavação dos talwegues. “Os fatores envolvidos nessa dinâmica são interdependentes e abrangem processos complexos das formas por meio da erosão, do transporte e deposição de sedimentos” (PEREIRA, 2016, p. 95).

**Figura 13:** Climograma da cidade de Uberlândia-MG, série histórica de 1981 a 2015



Fonte: Petrucci (2018, p. 61)

Segundo Baccaro (1990), os fortes aguaceiros do período chuvoso dessa região provocam um carreamento muito forte dos materiais superficiais, predominantemente arenosos, muito friáveis, resultando em intensos processos de escoamento pluvial, com formação de sulcos, ravinas e voçorocas e o arrasto laminar dos horizontes superficiais dos solos.

## 2.6 Cobertura vegetal e uso do solo

O levantamento do uso do solo de uma dada região tornou-se um aspecto indispensável para a compreensão dos padrões de organização do espaço, sendo necessária, para tal análise, a atualização constante destes dados (ROSA, 1995). Este levantamento tem

sido considerado de grande importância, uma vez que auxilia no reconhecimento das ocupações desordenadas e do uso descontrolado de recursos naturais, sendo capaz de gerar subsídios para a análise da dinâmica socioambiental em bacias, possibilitando identificar os efeitos gerados e as suas consequências.

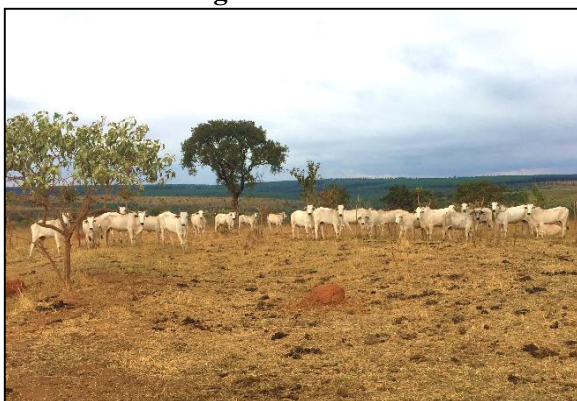
No Triângulo Mineiro, a ocupação das terras está historicamente ligada à agricultura e à pecuária. Durante o período de 1930 a 1960 a formação combinada entre lavoura e criação de animais permitiu à região um elevado nível de expansão agropecuária, superior às outras do estado (ROSA, 1995).

A partir de 1975, após a criação do Programa de Desenvolvimento da Região Centro-Oeste (POLOCENTRO), proposto pelo II Plano do Desenvolvimento (II PND), a região passou a contar com mecanismos de agricultura moderna, com a adoção cada vez mais intensa da mecanização, adubação, agrotóxicos, etc. desempenhando um importante papel na reorganização de seu espaço rural (SALAZAR PESSÔA; CAVALINI, 1987). Com o passar das últimas décadas, outras diferentes formas de usos foram aos poucos sendo implantados.

Na bacia do ribeirão Douradinho o diagnóstico do uso do solo e cobertura vegetal foi realizado a partir do mapeamento do Projeto TerraClass Cerrado (2015). Os resultados obtidos indicam a presença de pastagens, culturas anuais e perenes, cobertura vegetal nativa, silvicultura, área urbanizada, estradas e corpos d'água.

As áreas de pastagens ocupam a maior parte da bacia e são destinadas principalmente à pecuária. Nesta categoria estão incluídos os solos no qual a vegetação é predominantemente gramíneas, plantas graminóides e cobertura arbórea dispersa. Estas áreas encontram-se distribuída por toda a bacia, mas ocorrem de maneira mais intensa nos setores à sua montante e no seu médio curso (figura 14).

**Figura 14:** Bacia do ribeirão Douradinho - Áreas destinadas à pecuária



Lat.: 19°10'05.05"S Long.: 48°25'58.01"O

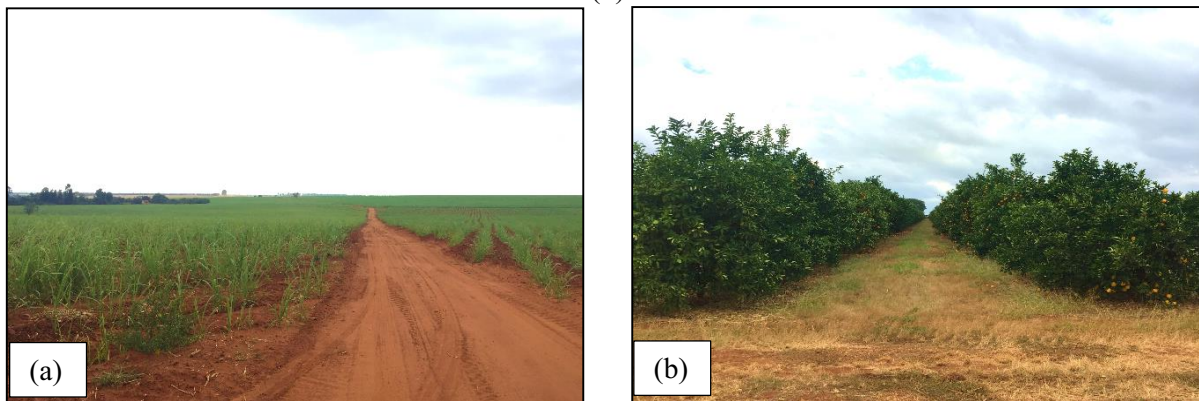


Lat.: 19°10'03.86"S Long.: 48°25'54.10"O

Fonte: Silva, J. V. F. (2019)

A agricultura, representada pelas culturas anuais e perenes, equivale à segunda maior forma de utilização dos solos da bacia. Na área de estudo as culturas anuais, de maior representatividade dentro desta categoria, são representadas sobretudo pela cultura de cana-de-açúcar e soja, e as culturas perenes representadas pelo cultivo de laranja (figura 15).

**Figura 15:** Bacia do ribeirão Douradinho - Áreas destinadas à cultura de cana-de-açúcar (a) e laranja (b)



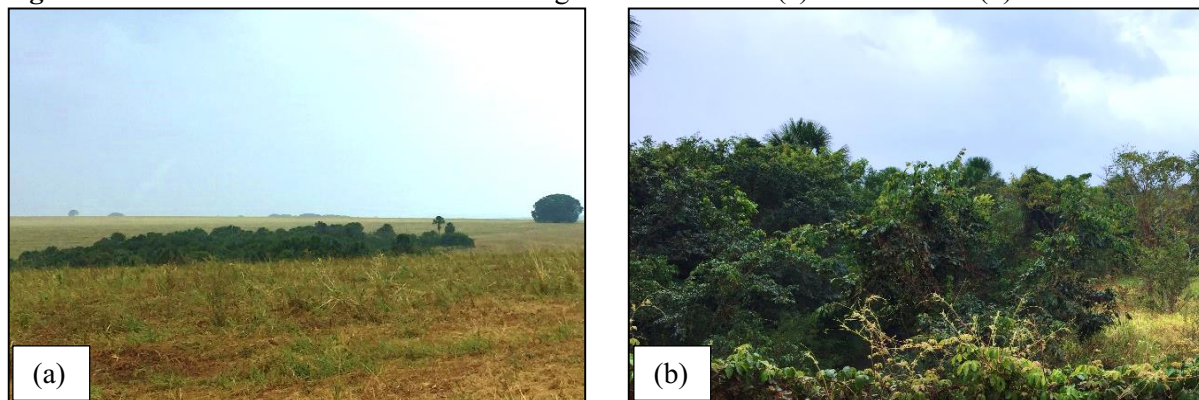
Lat.: 19°08'12.01"S Long.: 48°27'22.27"O

Lat.: 19°05'42.71"S Long.: 48°37'25.56"O

Fonte: Silva, J. V. F. (2019)

A cobertura vegetal nativa corresponde aos fragmentos florestais distribuídos pela área da bacia. No local estudado estes fragmentos são constituídos principalmente pela vegetação encontrada em Áreas de Preservação Permanente e em áreas de reserva legal, com fisionomias características de Cerrado *Stricto Sensu*, Cerradão, Mata Ciliar, Mata de Galeria e Veredas, encontradas no Domínio dos Cerrados (figura 16).

**Figura 16:** Bacia do ribeirão Douradinho - Fragmentos florestais (a) e Mata Ciliar (b)



Lat.: 19°07'09.47"S Long.: 48°29'26.78"O

Lat.: 19°05'18.70"S Long.: 48°29'29.36"O

Fonte: Silva, J. V. F. (2019)

A silvicultura, na bacia do ribeirão Douradinho, corresponde às áreas ocupadas por formações florestais artificiais, homogêneas, constituídas pelo plantio de pinus e eucaliptos

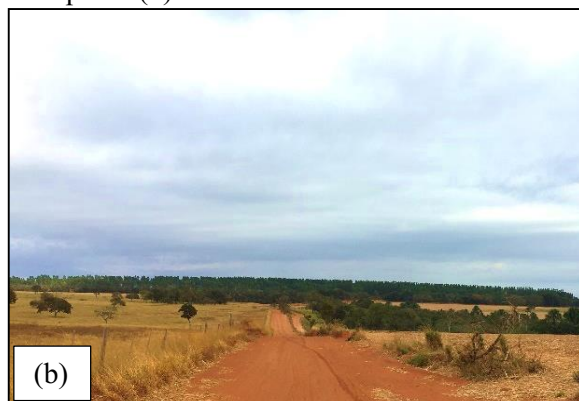
destinados, na região, à produção de madeira e carvão. Mesmo com um declínio em seu valor econômico esta categoria ainda apresenta-se organizada em faixas contínuas principalmente no médio curso e à jusante na bacia (figura 17).

**Figura 17:** Bacia do ribeirão Douradinho - Plantio de eucalipto (a) e faixa contínua de plantação de eucalipto em segundo plano (b)



(a)

Lat.: 19°03'49.46"S Long.: 48°29'17.66"O



(b)

Lat.: 19°10'54.40"S Long.: 48°25'43.70"O

Fonte: Silva, J. V. F. (2019)

No local de estudo a categoria de área urbanizada é pouco representativa, aparecendo somente em uma pequena porção da parte nordeste da bacia. As demais áreas ocupadas por edificações, dentro da área da bacia, foram mapeadas e categorizadas como mosaico de ocupações. Estas correspondem às chácaras, granjas e outros imóveis rurais (figura 18).

**Figura 18:** Bacia do ribeirão Douradinho - Área urbanizada (a) e chácara (b)



(a)

Lat.: 19°00'18.85"S Long.: 48°22'20.13"O



(b)

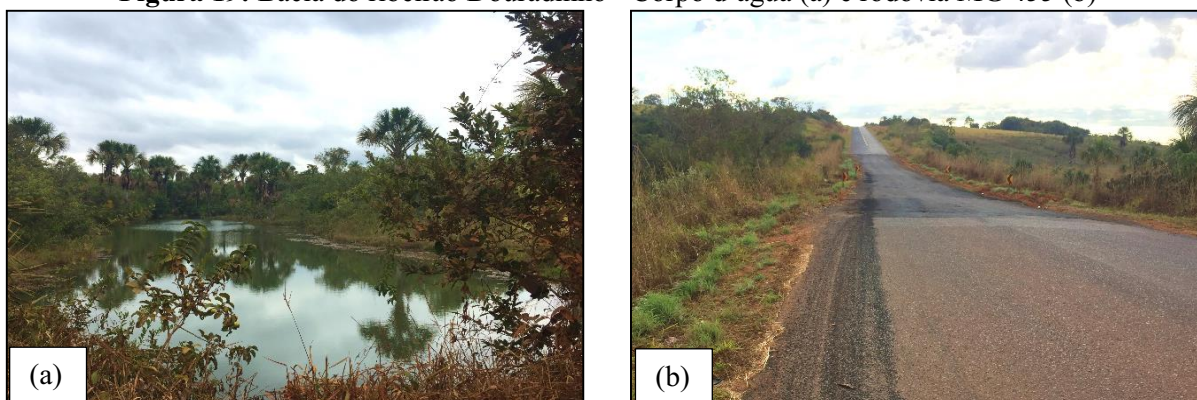
Lat.: 19°04'27.67"S Long.: 48°33'49.50"O

Fonte: Silva, J. V. F. (2019)

Os corpos d'água e as estradas constituem as últimas classes de uso dos solos analisadas. A primeira categoria corresponde aos cursos d'água, aos lagos e aos reservatórios existentes na bacia. A categoria das estradas, que apresenta-se com um percentual pouco significativo na área de estudo, condiz com as principais rodovias pavimentadas da bacia (figura 19).



**Figura 19:** Bacia do ribeirão Douradinho - Corpo d'água (a) e rodovia MG 455 (b)



Lat.: 19°05'56.26"S Long.: 48°40'30.03"O

Lat.: 19°02'56.09"S Long.: 48°20'48.94"O

Fonte: Silva, J. V. F. (2019)

As categorias com maiores representatividades na área da bacia correspondem às pastagens (41,52%), à cobertura vegetal nativa (24,30%), às culturas anuais (22,59%) e à silvicultura (8,27%). As áreas ocupadas por cada uma delas e as suas respectivas porcentagens estão apresentadas na tabela a seguir (tabela 10).

**Tabela 10:** Bacia do ribeirão Douradinho - Resultado do uso do solo e cobertura vegetal

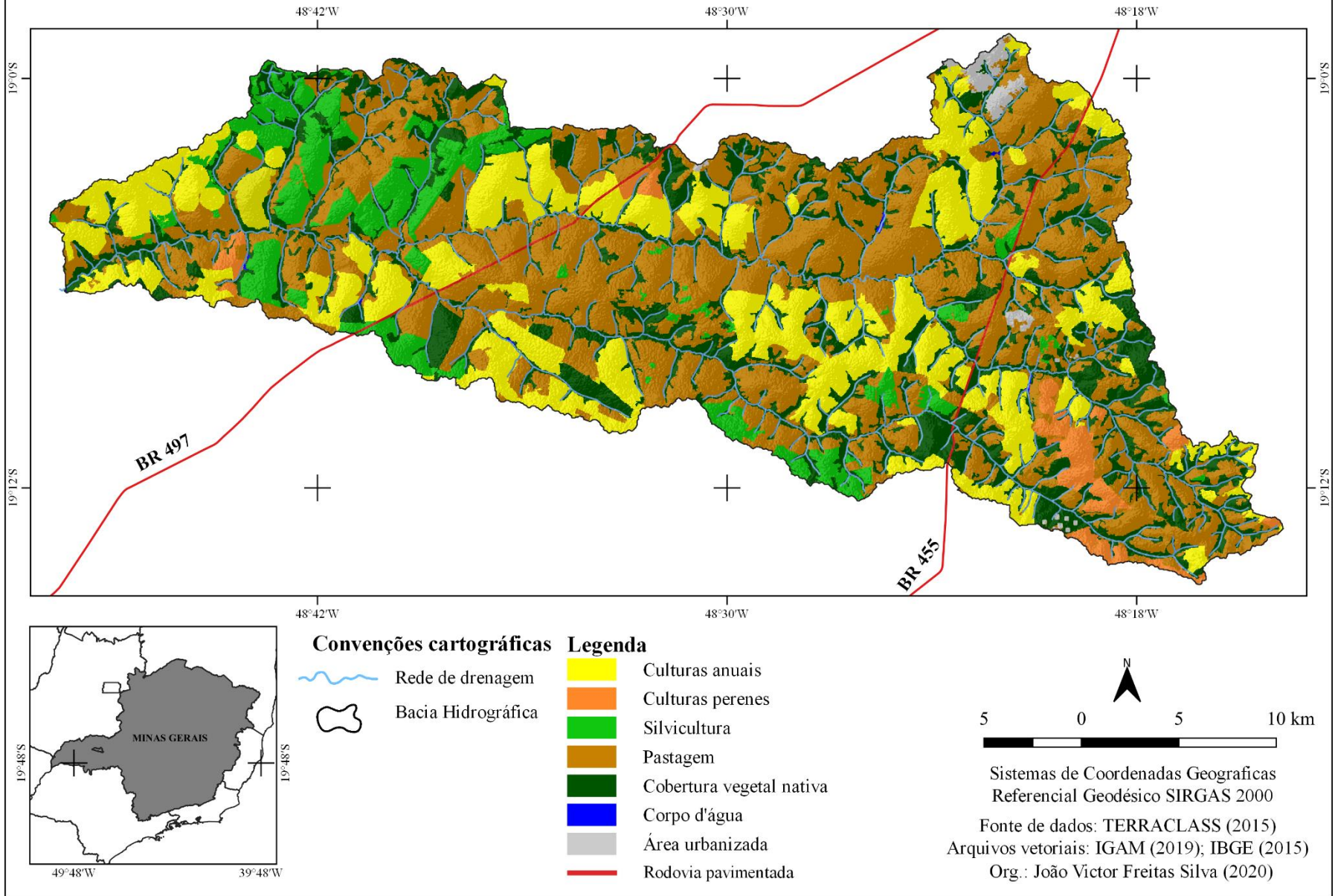
<b>Categorias</b>	<b>Área em km<sup>2</sup></b>	<b>Área em %</b>
Culturas anuais	208,30	22,59
Culturas perenes	21,74	2,36
Silvicultura	76,31	8,27
Pastagem	382,88	41,52
Cobertura vegetal nativa	224,10	24,30
Corpo d'água	0,63	0,07
Área urbanizada	6,78	0,74
Rodovia pavimentada	1,42	0,15
<b>Total</b>	<b>922,16</b>	<b>100</b>

Org.: Silva, J. V. F. (2019)

O mapa contendo as referidas categorias de uso do solo e cobertura vegetal da bacia do ribeirão Douradinho, elaborado a partir do arquivo *shapefile* do Projeto TerraClass (2015), encontra-se disposto a seguir (mapa 9).

**Mapa 9:** Cobertura vegetal e uso do solo da bacia do ribeirão Douradinho

**COBERTURA VEGETAL E USO DO SOLO DA BACIA DO RIBEIRÃO DOURADINHO**



## **CAPÍTULO 3: SUSCETIBILIDADE EROSIVA DOS SOLOS NA BACIA DO RIBEIRÃO DOURADINHO**

Este capítulo tem como finalidade apresentar os resultados alcançados em relação à suscetibilidade erosiva natural dos solos. Os fatores determinantes dos processos erosivos (erosividade das chuvas, erodibilidade dos solos, declividade do terreno e comprimento das encostas) foram avaliados separadamente e, posteriormente, integrados para a definição das classes de suscetibilidade à erosão laminar.

### **3.1 Erosividade das chuvas**

A erosividade pode ser definida como a capacidade potencial das águas das chuvas em provocar erosão. Sua atuação está diretamente ligada ao processo de desagregação e desestruturação dos solos, que promovem a anulação das forças de estabilização dos seus agregados, e ao transporte destes materiais por meio do escoamento superficial (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1993). A capacidade das chuvas em provocar erosão ocorre em função de suas características físicas, como intensidade, duração, tamanho e velocidade das gotas, que definem a energia cinética no momento do impacto contra o solo (SALOMÃO, 1999).

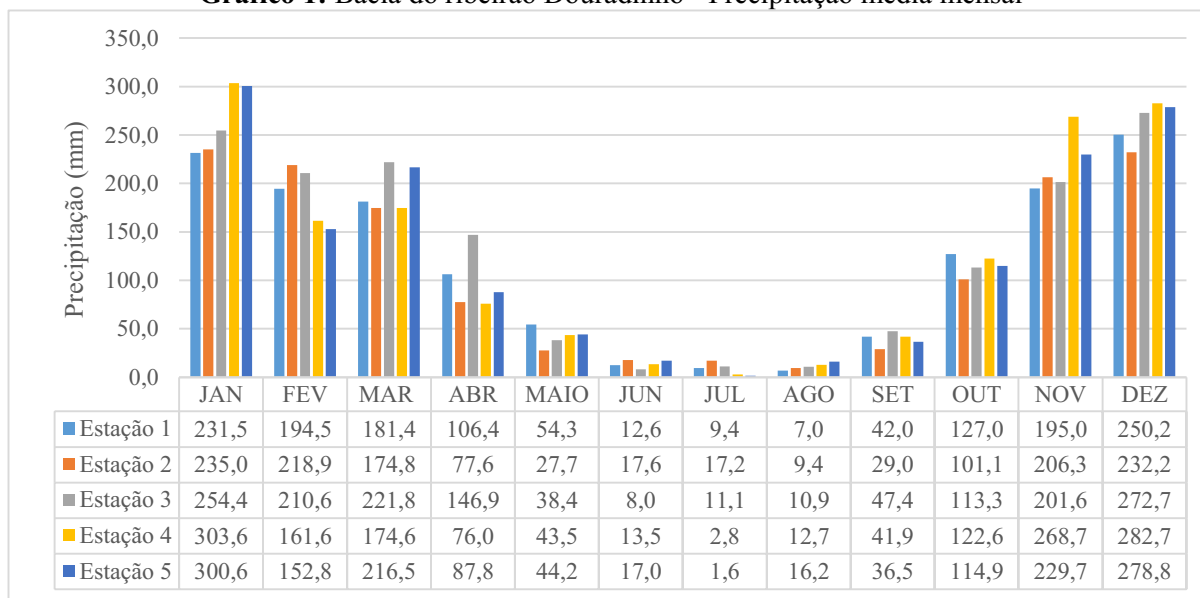
Os estudos da relação das características físicas da chuva com a erosão dos solos foram impulsionados pelos trabalhos de Laws e Parsons (1943) e Best (1950). Estes autores analisaram o tamanho e distribuição das gotas da chuva e sua associação com a intensidade das precipitações e com a velocidade de impacto na superfície e concluíram que as precipitações de maior intensidade são também as de maior potencial em provocar erosão.

Desta forma, ressalta-se que o conhecimento da precipitação e sua distribuição espacial é de fundamental importância para o conhecimento da dinâmica hídrica de uma bacia hidrográfica, para os estudos preditivos de erosão, bem como para a conservação de seus solos.

Para o presente estudo, através dos dados de precipitação coletados no portal HydroWeb da ANA, calculou-se a erosividade das chuvas referente à área da bacia do ribeirão Douradinho. Para tal, foram analisados dados pluviométricos de cinco estações próximas ao local estudado, sendo estas: Fazenda Letreiro (estação 1), Fazenda Paraíso (estação 2), Fazenda Nossa Senhora Aparecida (estação 3), Monte Alegre de Minas (estação 4) e Xapetuba (estação 5).

A análise dos dados de precipitação coletados demonstra uma distribuição irregular das chuvas durante os meses do ano, indicando uma maior pluviosidade nos meses de outubro a março, características das regiões tropicais (gráfico 1).

**Gráfico 1:** Bacia do ribeirão Douradinho - Precipitação média mensal



Fonte: HidroWeb/ANA (2019) Org.: Silva, J. V. F. (2020)

As médias anuais de precipitação, pelos dados coletados, variam de 1346,7 a 1537,1 mm, confirmando as médias comuns para a região. Verificou-se, desta forma, uma amplitude de 190,4 mm para os totais de precipitação anuais entre as estações pluviométricas utilizadas, evidenciando a dinâmica da precipitação na área analisada (tabela 11).

**Tabela 11:** Bacia do ribeirão Douradinho - Precipitação pluviométrica média anual

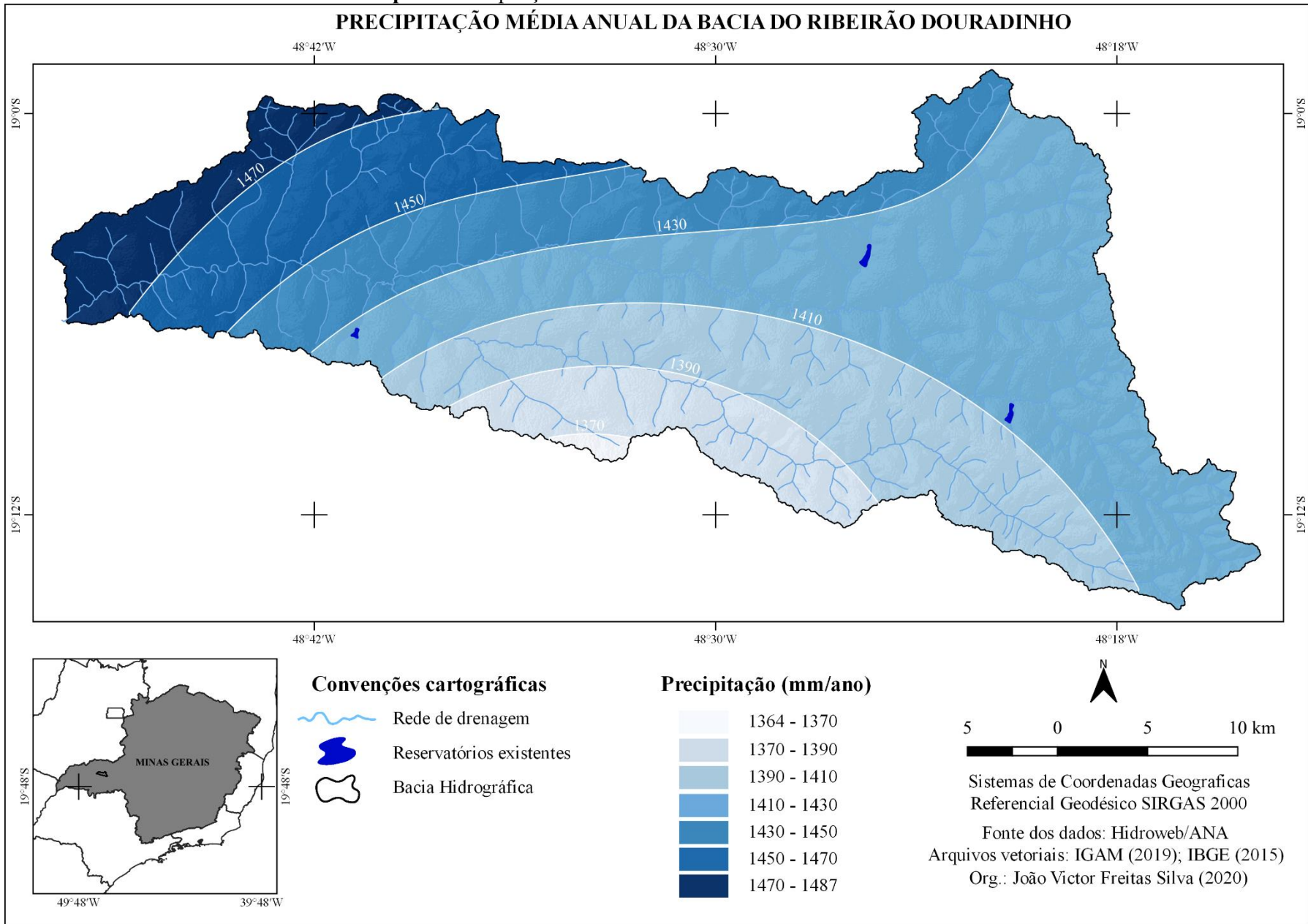
<b>Média anual (mm)</b>	
Estação 1	1411,2
Estação 2	1346,7
Estação 3	1537,1
Estação 4	1504,1
Estação 5	1496,7

Fonte: HidroWeb/ANA Org.: Silva, J. V. F. (2020)

Para a área da bacia a precipitação foi calculada através da interpolação dos dados supracitados pelo método IDW. No local de estudos os valores médios anuais de precipitação variam entre 1364 e 1487 mm (mapa 10).

**Mapa 10:** Precipitação média anual da bacia do ribeirão Douradinho

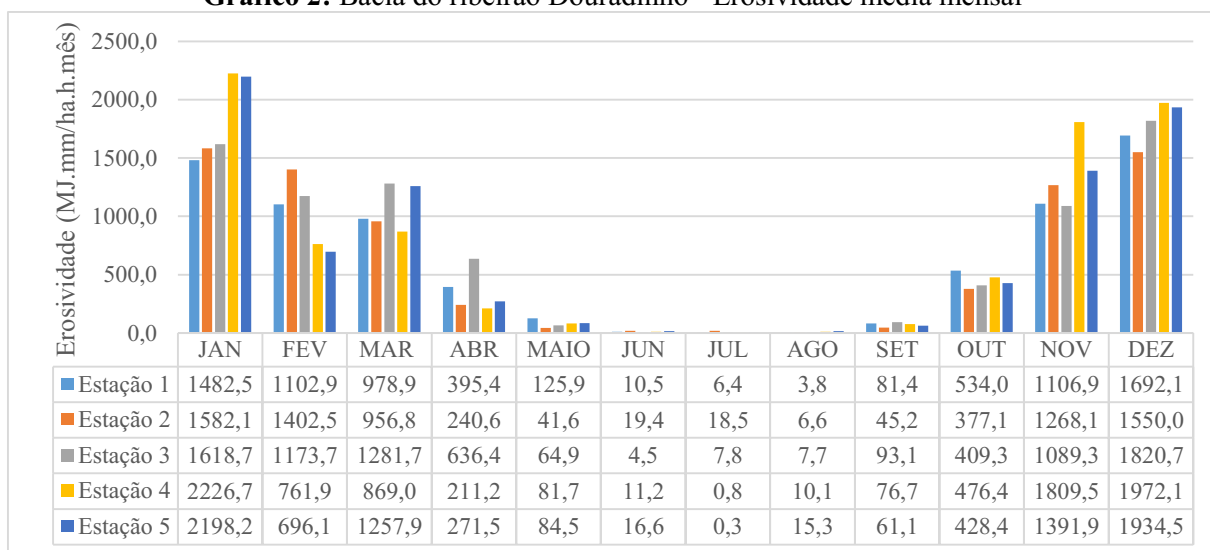
**PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL DA BACIA DO RIBEIRÃO DOURADINHO**



Em relação à erosividade, ressalta-se que esta foi determinada com base na equação estabelecida por Bertoni e Lombardi Neto (1993). Sua unidade de medida é dada em **MJ.mm/ha.h**, sendo: **MJ** – megajoule, **mm** – milímetro, **ha** – hectare e **h** – hora. Seus valores estão diretamente relacionados aos de precipitação, uma vez que em seu cálculo são utilizados os dados referentes às médias pluviométricas mensais e anuais.

Desta forma, observa-se que para as estações analisadas os meses com os maiores valores de erosividade correspondem também aos meses mais chuvosos (novembro a março), enquanto os menores aos meses menos chuvosos (abril a outubro), (gráfico 2).

**Gráfico 2:** Bacia do ribeirão Douradinho - Erosividade média mensal



Org.: Silva, J. V. F. (2020)

Os valores anuais de erosividade para as estações variam de 7508,5 a 8507,3 MJ.mm/ha.h.ano, com uma amplitude de 998,8 MJ.mm/ha.h.ano (tabela 12). Para a área da bacia estes valores variam entre 7593 a 8223 MJ.mm/ha.h.ano e são classificados, segundo Carvalho (2008), como fortes (mapa 11).

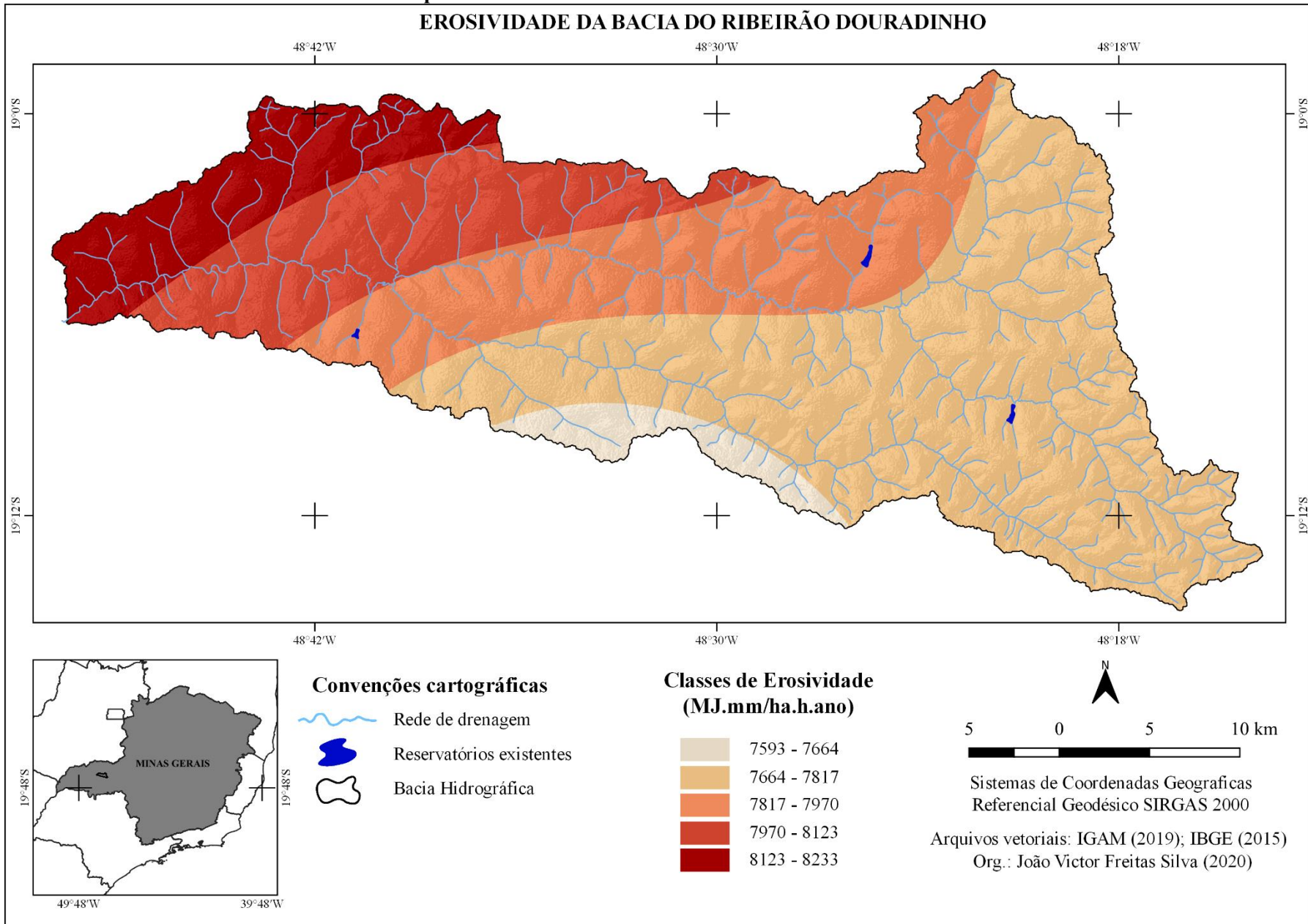
**Tabela 12:** Bacia do ribeirão Douradinho - Erosividade anual  
**Erosividade anual (MJ.mm/ha.h.ano)**

Estação 1	7520,8
Estação 2	7508,5
Estação 3	8207,8
Estação 4	8507,3
Estação 5	8356,4

Org.: Silva, J. V. F. (2020)

**Mapa 11:** Erosividade anual da bacia do ribeirão Douradinho

**EROSIVIDADE DA BACIA DO RIBEIRÃO DOURADINHO**



### 3.2 Erodibilidade dos solos

A erodibilidade pode ser definida como a resistência do solo frente ao desprendimento e ao transporte de suas partículas. Esta reflete a capacidade, ou falta dela, dos diferentes tipos de solo em resistirem aos processos erosivos (WISCHMEIER; SMITH, 1978). Sua unidade de medida é dada em **t.ha.h/ha.MJ.mm**, sendo: **t** – tonelada, **ha** – hectare, **h** – hora, **MJ** – megajoule e **mm** – milímetro.

Esta propriedade do solo é resultante da interação entre suas características físicas, químicas, mineralógicas e biológicas e refletem a sua perda diferencial quando os demais fatores que influenciam a erosão permanecem constantes. Os valores da erodibilidade são alterados de acordo com a textura do solo, estabilidade dos agregados, resistência ao cisalhamento, capacidade de infiltração e teor de matéria orgânica (LOMBARDI NETO; BERTONI, 1975a).

Os dados de erodibilidade para a bacia do ribeirão Douradinho foram obtidos através da comparação e associação de diferentes valores encontrados na literatura a respeito do tema, de locais caracterizados por possuírem tipos pedológicos semelhantes aos da área em questão, e qualificados com base na classificação proposta por Mannigel et al. (2002), (tabela 13).

**Tabela 13:** Classificação da erodibilidade dos solos

<b>Classificação</b>	<b>Erodibilidade (t.ha.h/ha.MJ.mm)</b>
Extremamente alta	>0,0600
Muito alta	0,0450 – 0,0600
Alta	0,0300 – 0,0450
Média	0,0150 – 0,0300
Baixa	0,0090 – 0,0150
Muito baixa	<0,0090

Fonte: Mannigel et al (2002)

Desta Forma, optou-se por dados que foram estabelecidos através de um mesmo método, possibilitando uma maior compatibilidade entre os resultados. Ressalta-se que na área de estudos estão presentes os tipos pedológicos pertencentes à ordem dos Latossolos (L) e Argissolos (P), sendo a sua erodibilidade estabelecida de acordo com o primeiro elemento da associação.

A classe dos Latossolos apresenta, de modo geral, pouca erodibilidade. A sua localização em áreas pouco declivosas conferem ao solo uma baixa suscetibilidade frente aos



processos de desagregação de sua estrutura (PEREIRA, 2014). Segundo Lepsch (2010) os Latossolos em áreas aplainadas possuem um boa drenagem e capacidade de retenção. Nesse sentido apresentam maior resistência em relação ao processo de erosão laminar.

De acordo com a classificação de Mannigel et al. (2002), os Latossolos encontrados na área da bacia inserem-se nas classes de erodibilidade de muito baixa a média, com valores de 0,0061 para o Latossolo Vermelhos Distrófico, 0,0071 para o Latossolo Vermelho Distroférico, 0,0112 para o Latossolo Vermelho-amarelo Distrófico e 0,0263 para o Latossolo Vermelho Ácrico (tabela 14).

A classe dos Argissolos apresenta uma menor estabilidade dos seus agregados devido a sua constituição granulométrica. Estes solos são mais propensos à erosão, principalmente pela baixa resistência ao desprendimento de suas partículas durante eventos pluviométricos intensos. O aumento de argila em profundidade e o horizonte superficial arenoso atribuem a esse tipo de solo maiores valores de erodibilidade (PEREIRA, 2014).

Os Argissolos encontrados na área de estudo são classificados como de erodibilidade muito alta, apresentando valores de 0,0466 para o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico e 0,0540 para o Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico (tabela 14).

**Tabela 14:** Bacia do ribeirão Douradinho - Erodibilidade dos solos

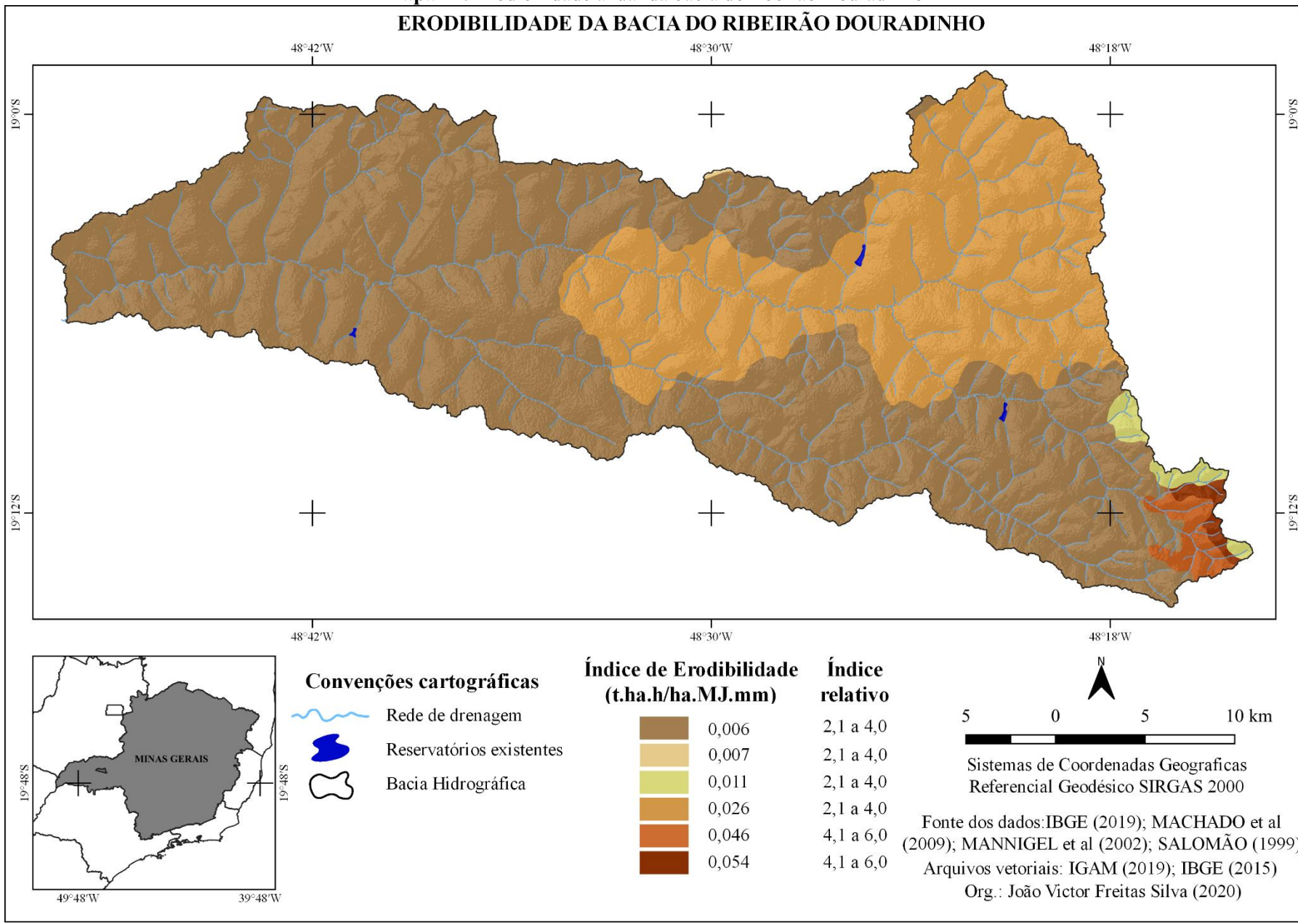
<b>Solos</b>	<b>Erodibilidade (t.ha.h/ha.MJ.mm)</b>
LVd - Latossolos Vermelhos Distróficos	0,0061
LVdf - Latossolos Vermelhos Distroféricos	0,0071
LVAd - Latossolos Vermelho-amarelo Distrófico	0,0112
LVw - Latossolo Vermelho Ácrico	0,0263
PVAd - Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	0,0466
PVAe - Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico	0,0540

Fonte: Mannigel et al (2002) Org.: Silva, J. V. F. (2020)

Na relativização apresentada por Salomão (1999), a fim de proporcionar o cruzamento dos dados, a erodibilidade dos solos na bacia estudada apresenta-se entre os índices relativos de 2,1 a 4,0, pertencente à classe IV (Latossolos de textura média, Latossolos de textura argilosa, Terra Roxa Estruturada) e de 4,1 a 6,0, pertencente à classe III (Podzólicos de textura argilosa). Os valores referentes às classes deste fator foram espacializados no mapa 12.

**Mapa 12: Erodibilidade anual da bacia do ribeirão Douradinho**

**ERODIBILIDADE DA BACIA DO RIBEIRÃO DOURADINHO**



### 3.3 Declividade do terreno

A declividade pode ser compreendida como a medida da tangente do ângulo ou o índice da inclinação de um terreno, ou seja, é o desnível relativo entre dois pontos e a distância horizontal entre os mesmos (VILLELA; MATTOS, 1975).

Este fator corresponde a um índice topográfico amplamente utilizado em estudos ambientais por exercer influência sobre os fluxos d'água, os processos erosivos, dentre outros, e pode ser expressa em forma de graus ou em porcentagem, sendo que, quanto maior o seu valor, maior o nível de inclinação do terreno (MENDES; CIRILO, 2001).

Para este estudo, a declividade, apesar de já apresentada anteriormente com base na classificação adotada pela EMBRAPA (2018), foi novamente classificada, desta vez, utilizando os critérios apresentados por Salomão (1999), possibilitando o cruzamento matricial, de acordo com a metodologia proposta.

Na bacia do ribeirão Douradinho os valores de declividade variam entre 0 e 20%, sendo mais representativos os valores pertencentes às categorias entre 0 e 6% (correspondente a 60,01% da área da bacia) e entre 6 e 12% (correspondente a 32,97% da área da bacia). Os valores mais elevados encontrados na bacia, entre 12 e 20% (correspondente a 7,01% da área estudada), estão concentrados nas nascentes do ribeirão Água limpa e ao longo dos canais fluviais. Os valores em km<sup>2</sup> para cada uma das categorias podem ser observados na tabela 15.

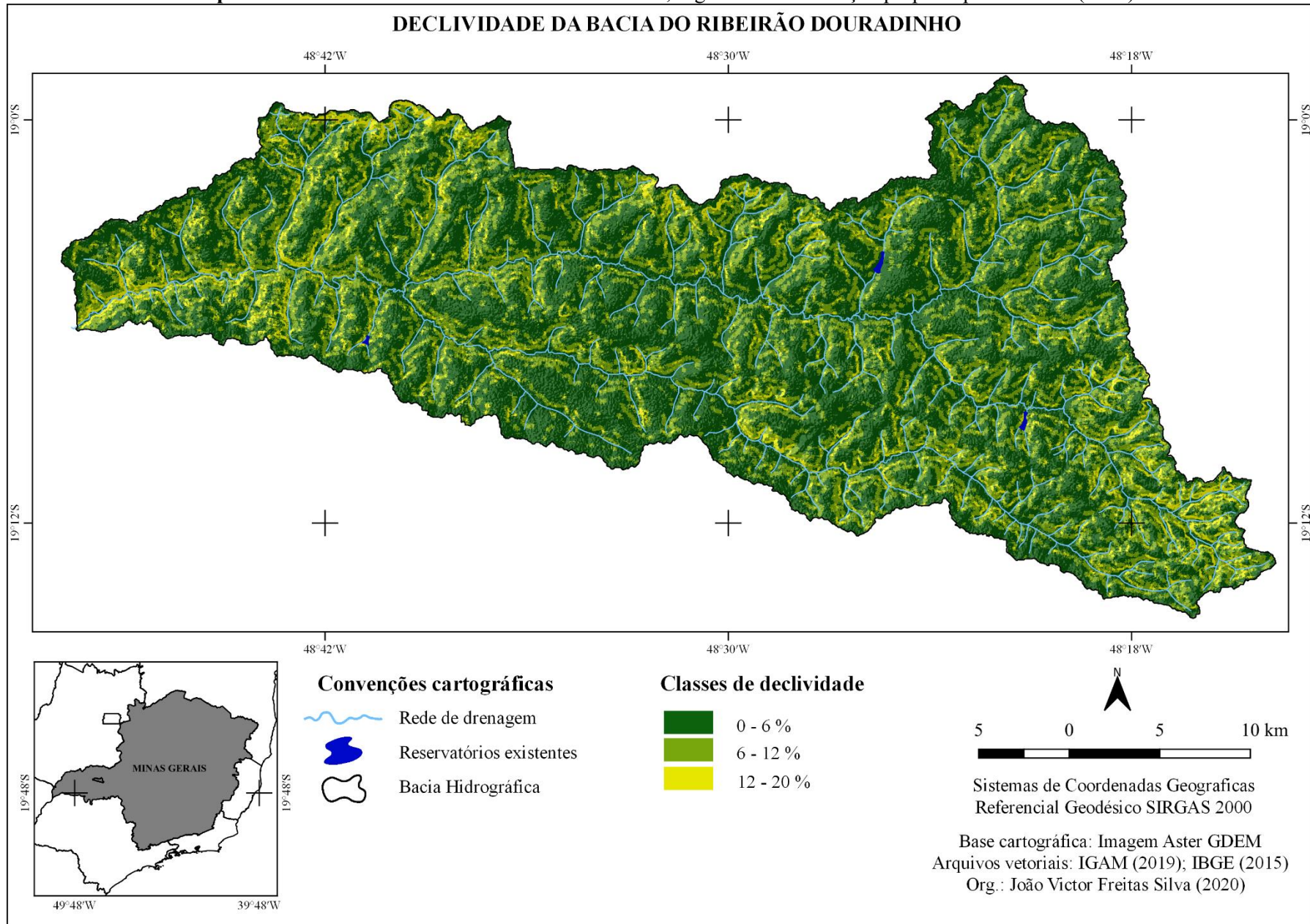
**Tabela 15:** Bacia do ribeirão Douradinho - Distribuição da declividade em km<sup>2</sup> e porcentagem

<b>Categoria</b>	<b>Área em km<sup>2</sup></b>	<b>Área em %</b>
0 – 6 %	553,46	60,01
6 – 12 %	304,04	32,97
12 – 20 %	64,66	7,01

Org.: Silva, J. V. F. (2020)

Segundo a classificação proposta por Salomão (1999) as categorias de declividade presentes na bacia correspondem à classe IV (menores que >6%), classe III (de 6 a 12%) e à classe II (de 12 a 20%). No mapa a seguir encontram-se espacializadas as referidas categorias de declividade (mapa 13). O mapa em questão contribui para o entendimento da dinâmica dos processos erosivos atuantes nos diferentes setores da bacia.

**Mapa 13:** Declividade da bacia do ribeirão Douradinho, segundo a classificação proposta por Salomão (1999)



### 3.4 Comprimento das encostas

O comprimento das encostas refere-se à distância em metros do ponto de origem do caimento da água até um canal definido ou até um determinado local que favoreça a deposição dos sedimentos, indicando o caminho a ser percorrido pelas águas pluviais em uma bacia hidrográfica da montante à jusante (RENARD et al., 1997). Juntamente com a declividade, o comprimento das encostas torna-se uma variável significativa para os estudos sobre erosão dos solos.

As encostas apresentam um importante papel para a análise dos processos erosivos, uma vez que quanto maior for a sua extensão, maior será a velocidade do escoamento das águas na superfície. O escoamento superficial, por sua vez, é um notável agente de transporte e remoção do solo desagregado pelo impacto das gotas da chuva (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1993).

Na bacia do ribeirão Douradinho os valores de comprimento médio das encostas variam entre 75 e 1175 m. Os mais representativos correspondem às categorias de 75 a 175 m (15,96% da área da bacia) e 475 a 575 m (15,19% da área da bacia). Para uma melhor compreensão os resultados foram agrupados em categorias com intervalos de 100 metros e sua distribuição na área da bacia pode ser observada na tabela 16.

**Tabela 16:** Bacia do ribeirão Douradinho - Distribuição dos valores de comprimento das encostas em km<sup>2</sup> e porcentagem

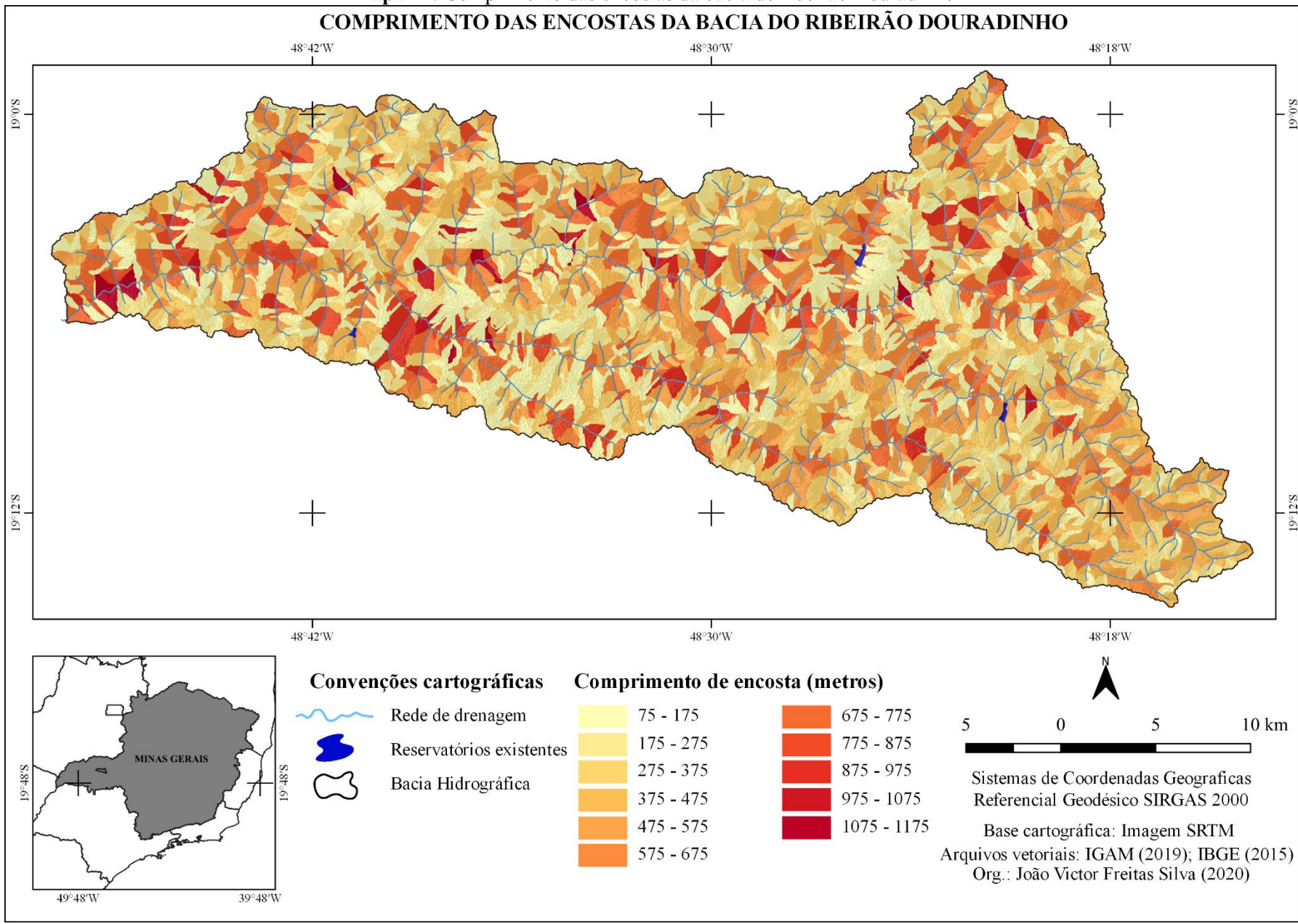
<b>Categoria</b>	<b>Área em km<sup>2</sup></b>	<b>Área em %</b>
75 - 175	147,19	15,96
175 - 275	108,15	11,72
275 - 375	134,94	14,63
375 - 475	114,69	12,43
475 - 575	140,08	15,19
575 - 675	69,89	7,57
675 - 775	108,22	11,73
775 - 875	49,52	5,37
875 - 975	31,70	3,43
975 - 1075	8,20	0,89
1075 - 1175	9,58	1,08

Org.: Silva, J. V. F. (2020)

As categorias referentes a este fator foram espacializadas e estão representadas no mapa

**Mapa 14:** Comprimento das encostas da bacia do ribeirão Douradinho

**COMPRIMENTO DAS ENCOSTAS DA BACIA DO RIBEIRÃO DOURADINHO**



### 3.5 Suscetibilidade à erosão laminar

Entende-se por suscetibilidade erosiva a vulnerabilidade dos terrenos em face ao desenvolvimento dos processos erosivos. De acordo com Salomão (1999) os dados de suscetibilidade refletem a estreita relação existente entre as características físicas naturais de uma área.

O mapeamento da suscetibilidade à erosão laminar, como dito outras vezes, representa a integração dos principais fatores do meio físico que interveem no processo de erosão. Este mapeamento corresponde às expectativas da intensidade do carreamento dos solos sem levar em consideração a cobertura vegetal e a interferência antrópica (OLIVEIRA, 2004).

Em relação à erosão laminar, Bertoni e Lombardi Neto (1993, p.68) ressaltam que:

A erosão do solo afeta a vida de muitas maneiras e é difícil compreender a magnitude do problema. As perdas de solo pela erosão afetam todo o povo, tendo sido estimado por Marques (1949) que o Brasil perde, por erosão laminar, cerca de quinhentos milhões de toneladas de terra anualmente; esse prejuízo lento e continuado, que a erosão do solo tem ocasionado à nossa economia, vem-se patenteando já de maneira nítida e insofismável na fisionomia depauperada de algumas de nossas regiões.

Os estudos que buscam apresentar dados referentes à suscetibilidade erosiva dos solos têm como propósito principal auxiliar na gestão territorial e no desenvolvimento de práticas e ações estratégicas voltadas ao planejamento ambiental, buscando o uso sustentável dos recursos naturais.

Na bacia do ribeirão Douradinho a integração das informações relativas aos fatores de ordem natural resultou em três diferentes classes de suscetibilidade à erosão laminar, sendo estas: pouco suscetível (IV), moderadamente suscetível (III) e muito suscetível (II). Os valores em km<sup>2</sup> e em porcentagem para cada uma das classes de suscetibilidade podem ser observados na tabela 17.

**Tabela 17:** Bacia do ribeirão Douradinho - Distribuição das classes de suscetibilidade em km<sup>2</sup> e porcentagem

<b>Categoria</b>	<b>Área em km<sup>2</sup></b>	<b>Área em %</b>
Muito suscetível	163,37	17,73
Moderadamente suscetível	434,02	47,06
Pouco suscetível	324,77	35,21

Org.: Silva, J. V. F. (2020)

A **classe IV**, pouco suscetível, com já citado anteriormente, corresponde a terrenos que apresentam problemas complexos de conservação. De acordo com a sua compatibilização às classes de capacidade de uso dos solos, seus terrenos são indicados para pastagens e culturas perenes sendo, eventualmente, indicado para o cultivo de culturas anuais exigindo, nestes casos, práticas mecanizadas de controlo da erosão (SALOMÃO, 1999).

Esta classe encontra-se distribuída no alto e médio curso da área de estudo e compreende solos do tipo Latossolo, em declividades de 0 a 6%, em categorias de erosividade com os valores abaixo de 7970 MJ.mm/ha.h.ano.

A **classe III**, moderadamente suscetível, corresponde também a terrenos com problemas complexos de conservação. Tais áreas são mais indicadas apenas para pastagens e culturas perenes (SALOMÃO, 1999).

Na bacia, esta classe encontra-se distribuída em todos os seus compartimentos. Esta compreende solos do tipo Latossolo em declividades de 0 a 6%, onde a erosividade apresenta valores acima de 7970 MJ.mm/ha.h.ano, e em declividades de 6 a 20% nas categorias de erosividade com os valores abaixo de 7970 MJ.mm/ha.h.ano. Abarca também solos do tipo Argissolo, em declividades de 0 a 6%, nas erosividades abaixo de 7970 MJ.mm/ha.h.ano.

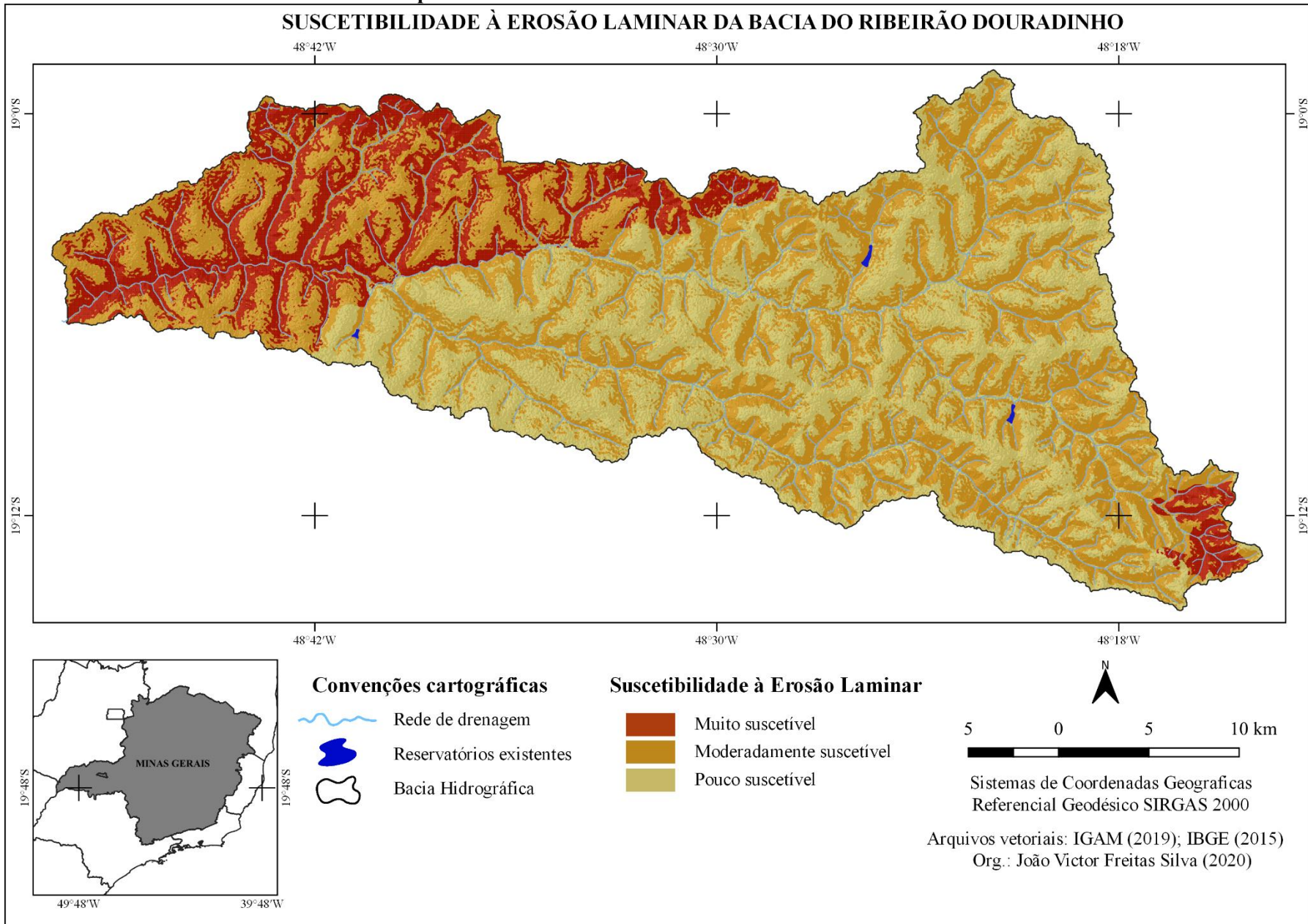
A **classe II**, muito suscetível, apresenta os mesmos problemas das classes citadas anteriormente, porém, nas áreas correspondentes a esta categoria de suscetibilidade a ocupação por pastagens é apenas parcialmente favorável, sendo mais apropriadas as atividades voltadas ao reflorestamento (SALOMÃO, 1999).

Esta classe é encontrada, em maior expressividade, no médio e baixo curso e próximas às nascentes do ribeirão Água Limpa. Ocorrem em solos do tipo Latossolo, em declividades de 6 a 20%, nas categorias de erosividade com os valores acima de 7970 MJ.mm/ha.h.ano e nos Argissolos, em declividades de 6 a 20%, nas erosividades abaixo de 7970 MJ.mm/ha.h.ano.

Em síntese, podemos observar que quase metade da área da bacia apresenta suscetibilidade moderada que quando somada às áreas muito suscetíveis alcançam aproximadamente 65% da área total do local estudado. Segundo dados apresentados por Rosa (1995) as perdas naturais de solo por erosão laminar na bacia do ribeirão Douradinho variam entre 285 e 570 ton/km<sup>2</sup>/ano. No mapa a seguir é possível observar a distribuição das classes de suscetibilidade na área de estudo (mapa 15).



**Mapa 15:** Suscetibilidade à erosão laminar da bacia do ribeirão Douradinho



## **CAPÍTULO 4: POTENCIAL À EROÇÃO LAMINAR NA BACIA DO RIBEIRÃO DOURADINHO**

Como forma de atender aos objetivos finais desta pesquisa, o presente capítulo tem como propósito apresentar os resultados referentes ao potencial erosivo dos solos. Tais resultados foram alcançados por meio da integração e análise das informações relacionadas à suscetibilidade erosiva natural e dos dados atualizados de cobertura vegetal e uso do solo da bacia.

Ademais, o capítulo apresenta também uma avaliação ambiental da área em questão, procurando contextualizar, dentro do tema proposto, a atuação das ações econômicas sobre a dinâmica ambiental.

### **4.1. Potencial à erosão laminar em virtude do uso e ocupação do solo e práticas conservacionistas**

O potencial à erosão laminar é compreendido como uma análise mais detalhada do risco dos terrenos em desenvolverem os processos erosivos em razão das interferências e modificações realizadas pela ação humana. Esse procedimento retrata a condição efetiva de ocorrência do fenômeno da erosão.

O potencial, assim como citado anteriormente, consiste no resultado da sobreposição do mapa de suscetibilidade à erosão ao mapa de uso e ocupação atual dos solos, realizada por meio do cruzamento matricial de tais informações. Considera-se, portanto, nesse estágio de aplicação da metodologia proposta, a influência significativa da ação econômica sobre o terreno e suas consequências quanto à ocorrência da erosão.

Ressalta-se que os estudos voltados à análise do potencial erosivo podem ser considerados como uma ferramenta apropriada para a obtenção de diagnósticos ambientais, fornecendo informações sobre o ambiente e possibilitando a aplicação de metodologias de controle dos processos erosivos e de recuperação dos solos.

Na bacia do ribeirão Douradinho a integração das informações referentes aos fatores supracitados resultou em três diferentes classes de potencial à erosão laminar. Essas classes são as seguintes: baixo potencial (III), médio potencial (II) e alto potencial (I). Na tabela 18 é possível observar os valores em km<sup>2</sup> e em porcentagem, relacionados a cada uma das classes.

**Tabela 18:** Bacia do ribeirão Douradinho - Distribuição das classes de potencial em km<sup>2</sup> e porcentagem

<b>Categoria</b>	<b>Área em km<sup>2</sup></b>	<b>Área em %</b>
Alto potencial	21,47	2,32
Médio potencial	403,81	43,79
Baixo potencial	496,88	53,89

Org.: Silva, J. V. F. (2020)

A **classe III**, de baixo potencial erosivo, representa os terrenos em que o uso atual do solo/cobertura vegetal é compatível com o grau de suscetibilidade à erosão laminar. Na bacia esta classe ocupa uma maior extensão territorial quando comparada às demais, 53,89% no total. Sua distribuição ocorre por toda a área estudada, apresentando-se de forma mais expressiva no alto e médio curso. Essas áreas englobam terrenos das classes IV, III e II de suscetibilidade à erosão laminar, combinados com diferentes tipos de uso do solo (figura 20).

Nessa classe de potencial erosivo, quando relacionada à classe IV de suscetibilidade, o uso do solo corresponde aos terrenos com cobertura vegetal de alto, médio e baixo porte, com atividade antrópica de muito reduzida à moderada, compreendendo, desta forma, áreas de cobertura vegetal nativa, de silvicultura, de culturas perenes e de pastagem da bacia.

Quando relacionada à classe III e II de suscetibilidade o uso do solo, corresponde aos terrenos com cobertura vegetal de alto a médio porte, com atividade antrópica muito reduzida, abarcando áreas de cobertura vegetal nativa e de silvicultura do local estudado.

**Figura 20:** Bacia do ribeirão Douradinho - Pastagem em classe de suscetibilidade IV (a) e cobertura vegetal nativa em classe de suscetibilidade III (b)



Lat.: 19°04'11.30"S Long.: 48°21'18.44"O



Lat.: 19°10'10.37"S Long.: 48°23'22.52"O

Fonte: Silva, J. V. F. (2019)

Em síntese, a classe III (baixo potencial) representa os locais na bacia com pouca propensão ao processo de erosão laminar. Nela estão presentes os três diferentes níveis de suscetibilidade erosiva, ressaltando, desta forma, a importância da densidade da cobertura vegetal para a proteção dos solos, para a estabilidade de seus agregados e para a minimização dos riscos aos processos erosivos.

A **classe II**, de médio potencial, consiste na segunda com maior abrangência na área de estudo, ocupando 43,79 % do seu total. Essa classe refere-se aos terrenos onde o uso atual do solo é incompatível com o grau de suscetibilidade à erosão laminar, entretanto, passível de ser controlada com a aplicação de práticas conservacionistas. Sua distribuição ocorre por toda a bacia e de forma mais intensa no médio e baixo curso. Nessas áreas estão presentes também as classes IV, III e II de suscetibilidade à erosão laminar, apresentando, entretanto, diferenças em relação ao uso do solo quando comparada à classe de potencial anterior (figura 21).

No médio potencial erosivo, quando referente à classe IV de suscetibilidade, o uso do solo corresponde aos terrenos com cobertura vegetal de baixo e médio porte com intensa atividade antrópica. Na bacia, esses locais compreendem áreas de culturas anuais, estradas e áreas urbanizadas.

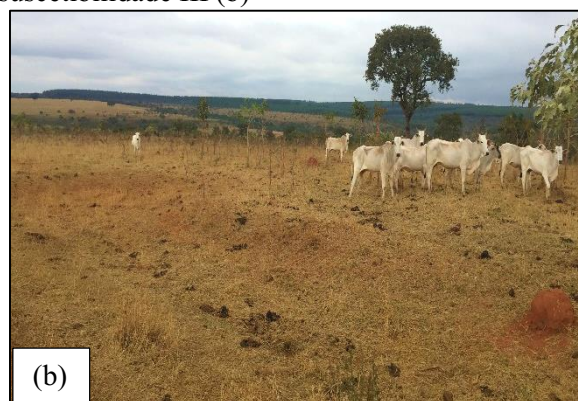
Quando referente à classe III de suscetibilidade o uso do solo corresponde aos terrenos com cobertura vegetal de baixo e médio porte com atividade antrópica de muito reduzida a intensa, abarcando áreas de culturas perenes, pastagens, culturas anuais, estradas e áreas urbanizadas do local estudado.

No tocante à classe II de suscetibilidade, o uso do solo condiz com os terrenos com cobertura vegetal de baixo e médio porte que apresentam atividade antrópica de muito reduzida a moderada, compreendendo áreas de culturas perenes e pastagens da bacia.

**Figura 21:** Bacia do ribeirão Douradinho – Cultura anual em classe de suscetibilidade IV (a) e pastagem em classe de suscetibilidade III (b)



Lat.: 19°08'12.01"S Long.: 48°27'22.27"O



Lat.: 19°10'05.05"S Long.: 48°25'58.01"O

Fonte: Silva, J. V. F. (2019)

Nessa classe, de médio potencial, os processos erosivos podem ser minimizados e/ou controlados por meio da aplicação de práticas conservacionistas adequadas. Essas práticas têm por concepção “garantir a máxima infiltração e menor escoamento superficial das águas pluviais” (SALOMÃO, 1999, p. 259). As práticas de conservação do solo podem ser agrupadas em três categorias, sendo estas: vegetativas, edáficas e mecânicas.

As práticas de caráter vegetativo são aquelas em que utiliza-se a cobertura vegetal como medida de contenção da erosão. De acordo com Salomão (1999), as técnicas mais utilizadas nesta categoria são as seguintes:

- Plantas de cobertura: são responsáveis por manter o solo coberto entre as culturas durante o período chuvoso. Normalmente são utilizadas em culturas permanentes cobrindo os espaços deixados no terreno. Em culturas anuais, essa técnica visa complementar o efeito de cobertura já proporcionado pelas plantas cultivadas;

- Cultura em faixas: é o plantio em faixas de exploração contínua ou em rotação que tem como objetivo principal a interceptação da velocidade das enxurradas, facilitando a infiltração das águas e permitindo a contenção do solo parcialmente erodido;

- Cordões de vegetação permanente: são fileiras de plantas perenes ou semiperenes dispostas com determinado espaçamento e sempre em contorno. Essa técnica apresenta um comportamento de controle da erosão semelhante ao da cultura em faixas.

- Alternância de campinas: são intercalações nas campinas de maneira a manter parcelas da área em cultivo, com mato, imediatamente abaixo de outra recém-capinada. Seu efeito no controle da erosão assemelha-se ao observado na cultura de faixa e cordões de vegetação permanente.

As práticas de caráter edáfico são as responsáveis por manter ou melhorar as condições de fertilidade do solo, controlando, indiretamente, o processo de erosão. Segundo Salomão (1999), entre essas práticas destacam-se as seguintes:

- Adubação verde e plantio direto: consiste na incorporação de nitrogênio e matéria orgânica no solo, através do aterro de restos vegetais ainda verdes. O húmus produzido melhora as condições físicas do solo pela estruturação e aumento da porosidade;

- Adubação química: é a manutenção e restauração da fertilidade do solo, que proporciona o aumento de produtividade e uma melhor cobertura vegetal;

- Adubação orgânica: corresponde à incorporação da matéria orgânica no solo, pela aplicação de produtos como o esterco e o composto orgânico;

- Rotação de cultura: consiste no plantio de diferentes tipos de lavouras numa mesma gleba, visando o controle de doenças e pragas e a melhoria das características físicas do solo. Nesta rotação incluem-se plantas que esgotam, recuperam ou conservam os solos;

- Calagem: é a correção da acidez do solo por meio da aplicação de cálcio, proporcionando uma melhor cobertura vegetal do solo, protegendo-o contra a erosão.

As práticas de caráter mecânico são aquelas artificialmente desenvolvidas através da execução de estruturas em canais e aterros, como o propósito de controlar o escoamento superficial das águas e facilitar a sua infiltração. De acordo com Salomão (1999), dentre essas destacam-se:

- Plantio em contorno (em nível): constitui-se na marcação no terreno de curvas de nível e execução em espaços estabelecidos de sulcos e camalhões de terra. As fileiras de culturas e os sulcos e camalhões, acompanhando as curvas de nível, constituem um obstáculo que se contrapõem ao percurso das enxurradas;

- Terraceamento: consiste em um tipo especial de sulco ou canal e camalhão, visando, além da interceptação da água das enxurradas, a condução de seu excesso pelo canal criado;

- Canais escoadouros: são canais de dimensões apropriadas, vegetadas, que tem como função transportar com segurança a água de escoamento superficial oriunda dos sistemas de terraceamento ou de outras estruturas.

A **classe I**, de alto potencial, é a classe com menor abrangência na área de estudo, ocupando apenas 2,32% da bacia do ribeirão Douradinho. Essa classe corresponde aos terrenos onde o uso atual do solo é incompatível com o grau de suscetibilidade à erosão laminar. Encontra-se distribuída, em sua maioria, no médio e baixo curso da bacia e, em menor quantidade, nas proximidades das nascentes do ribeirão água Limpa.

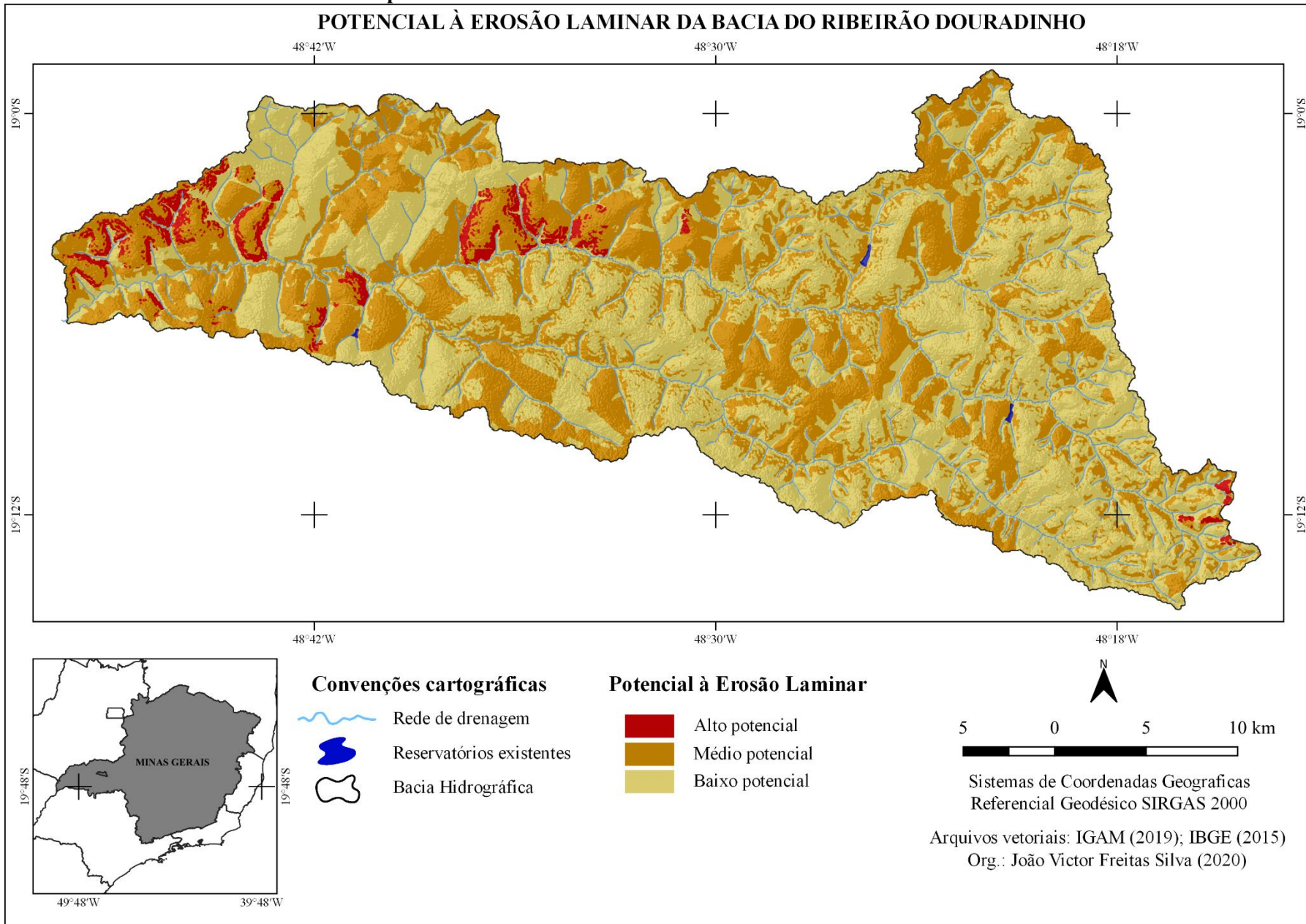
Na bacia em questão, as áreas de alto potencial abrangem terrenos pertencentes à classe II de suscetibilidade à erosão laminar nos locais onde o uso do solo apresenta cobertura vegetal de baixo e médio porte, com atividade antrópica intensa, abarcando áreas de culturas anuais, estradas e áreas urbanizadas do local estudado.

Nos locais classificados como de alto potencial erosivo é recomendável que seja realizada a alteração na forma de ocupação do terreno. Essa alteração pode ser efetuada seguindo as indicações propostas no capítulo anterior, onde são apresentadas as classes de suscetibilidade compatibilizadas com as classes de capacidade de uso dos solos.

No mapa a seguir é possível visualizar a distribuição das classes de potencial à erosão laminar presentes na área de estudo (mapa 16).

**Mapa 16:** Potencial à erosão laminar da bacia do ribeirão Douradinho

**POTENCIAL À EROSÃO LAMINAR DA BACIA DO RIBEIRÃO DOURADINHO**



## **4.2. Avaliação de impacto ambiental através da adaptação e aplicação da Matriz de Leopold**

A avaliação de impacto ambiental é um instrumento de planejamento e gestão que envolve a interpretação de situações e problemas ambientais, considerando as interações e as dinâmicas que compõem a paisagem. Essa avaliação é, indiscutivelmente, um dos mecanismos mais importantes de atuação administrativa na defesa do meio ambiente (IRIAS et al., 2004).

Para a sua realização são utilizados métodos baseados em coleta, análise, comparação e organização de dados qualitativos e quantitativos sobre os impactos originados de uma determinada atividade modificadora do meio ambiente (ROCHA et al., 2005).

Segundo a resolução 001/1986 do CONAMA, que trata dos critérios básicos e diretrizes para a avaliação dos impactos ambientais, o impacto ambiental consiste em “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:”

- I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II - as atividades sociais e econômicas;
- III - a biota;
- IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V - a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1996).

Mota (2011) compreende por impacto ambiental uma cadeia de efeitos significativos que se produzem no meio natural e social como consequência de uma determinada ação ou atividade. De forma resumida, esses impactos podem ser entendidos como as alterações que o ser humano provoca no meio ambiente, sejam elas advindas da inserção, supressão e/ou sobrecarga de elementos no meio (SANCHEZ, 2008).

Uma das unidades territoriais de pesquisa mais utilizadas nos estudos geográficos atuais, voltadas à avaliação desses impactos, são as bacias hidrográficas. Ao discutirem sobre as bacias, Lima e Zakia (2000), acrescentam ao seu conceito geomorfológico uma abordagem sistêmica. Segundo os autores, as bacias hidrográficas são sistemas abertos, com variáveis interdependentes, que recebem e perdem energia através dos agentes climáticos e do deflúvio e que por meio de oscilações, em torno de um determinado padrão, são capazes de encontrar-se em equilíbrio dinâmico.

Quando voltado ao planejamento, com foco na conservação dos recursos naturais, o conceito de bacia hidrográfica torna-se mais amplo, abrangendo, além dos aspectos hidrológicos, o conhecimento da sua estrutura biofísica, as mudanças em seus padrões de uso



da solo e suas implicações ambientais (SCHIAVETTI; CAMARGO, 2002). A adoção do seu conceito para o desenvolvimento de diagnósticos ambientais relaciona-se à possibilidade de avaliação, em uma determinada área geográfica, do seu potencial de desenvolvimento atrelado ao uso sustentável de seus recursos naturais.

As pesquisas desenvolvidas nestes recortes buscam compreender e analisar, de forma integrada e sistêmica, os efeitos causados ao ambiente provenientes do uso do espaço e de seus recursos. Estes estudos sempre tiveram uma função relevante nas pesquisas voltadas à caracterização da qualidade ambiental.

Na bacia do ribeirão Douradinho, as transformações ambientais são decorrentes tanto de ações geradas pelas atividades econômicas quanto por processos naturais (evolução e dinâmica da natureza). Entretanto, a supressão da vegetação, as construções, a agricultura e a criação de gado destacam-se como as principais atividades desenvolvidas na bacia, capazes de impactar negativamente o ambiente.

Para a avaliação aqui apresentada foi aplicada a Matriz de Leopold, adaptada com ênfase nas ações geradoras de impactos em 33 pontos da bacia. A Matriz de Leopold consiste em um instrumento que avalia a interação entre as ações causadoras dos impactos ambientais e os fatores ambientais que serão afetados, aferindo o seu grau de magnitude e importância. No caso presente, ênfase foi dedicada aos fatores mais diretamente relacionados à dinâmica hidrológica.

A escolha metodológica da avaliação consistiu em combinar os procedimentos lógicos quantitativos, técnicos e operacionais capazes de descrever com maior clareza a paisagem estudada, por meio da ação e reação de cada fator sobre o meio (TOMMASI, 1994). Para este estudo, a matriz utilizada foi adaptada levando em consideração as características biofísicas da bacia e as diferentes atividades impactantes, naturais e/ou antrópicas, nela encontradas.

A análise aqui efetuada leva em consideração as alterações das propriedades físicas do solo, relação solo/vegetação, desmatamento e processos erosivos, qualidade do ar, hidrologia, alterações no regime de escoamento e disponibilidade hídrica. A avaliação conjunta desses fatores e a interpretação dos resultados dessa interação descreve um cenário mais preciso, favorecendo um diagnóstico mais completo.

Após terem sido avaliados, os indicadores que fazem parte da matriz resultaram em um valor numérico para os impactos que foram posteriormente qualificados em um índice geral de impacto ambiental. Nas figuras 22 e 23 são apresentados os resultados dos valores e da qualificação referente a cada um dos pontos analisados.

**Figura 22:** Resultados finais da aplicação da matriz de avaliação de impacto ambiental – Pontos 1 ao 17

0 - Não interfere (NI)	0,1 a 33,6 - Baixo impacto (BI)	33,7 a 66,9 - Médio impacto (MI)	67 a 100 - Alto impacto (AI)
------------------------	---------------------------------	----------------------------------	------------------------------

Ações responsáveis pela geração de impactos ambientais negativos quanto à dinâmica hidrológica	Ponto 1	Resultado	Ponto 2	Resultado	Ponto 3	Resultado	Ponto 4	Resultado	Ponto 5	Resultado	Ponto 6	Resultado	Ponto 7	Resultado	Ponto 8	Resultado	Ponto 9	Resultado	Ponto 10	Resultado	Ponto 11	Resultado	Ponto 12	Resultado	Ponto 13	Resultado	Ponto 14	Resultado	Ponto 15	Resultado	Ponto 16	Resultado	Ponto 17	Resultado
	Alterações Diretas no canal fluvial	86,2	AI	0,0	NI	78,6	AI	86,2	AI	61,0	MI	83,8	AI	86,2	AI	55,2	MI	86,2	AI	55,2	MI	55,2	MI	55,2	MI	86,2	AI	86,2	AI	86,2	AI	89,0	AI	86,2
Cosntrução e tráfego rodoviário	94,3	AI	58,6	MI	94,3	AI	94,3	AI	73,8	AI	94,3	AI	94,3	AI	73,8	AI	53,8	MI	73,8	AI	94,3	AI	94,3	AI	94,3	AI	94,3	AI	94,3	AI	94,3	AI	94,3	AI
Impermeabilização de solos	64,8	MI	61,0	MI	64,8	MI	77,1	AI	78,6	AI	64,8	MI	53,8	MI	78,6	AI	64,8	MI	78,6	AI	78,6	AI	78,6	AI	64,8	MI	80,5	AI	64,8	MI	72,4	AI	64,8	MI
Manejo de pastagem e criação de gado	100	AI	81,0	AI	100	AI	100	AI	100	AI	97,6	AI	33,3	BI	100	AI	100	AI	100	AI	60,0	MI	60,0	MI	100	AI	60,0	MI	60,0	MI	60,0	MI	33,3	BI
Ocupação e uso inadequado de F.M.P. de cursos d'água	83,3	AI	0,0	NI	83,3	AI	83,3	AI	83,3	AI	83,3	AI	46,2	MI	83,3	AI	54,3	MI	83,3	AI	83,3	AI	83,3	AI	83,3	AI	83,3	AI	83,3	AI	83,3	AI	83,3	AI
Produção e manejo agrícola	33,3	BI	0,0	NI	33,3	BI	58,1	MI	84,8	AI	84,8	AI	33,3	BI	84,8	AI	84,8	AI	84,8	AI	100	AI	100	AI	33,3	BI	61,0	MI	68,1	AI	68,1	AI	86,2	AI
Queimadas	85,7	AI	44,8	MI	85,7	AI	85,7	AI	49,0	MI	49,0	MI	52,9	MI	82,9	AI	49,0	MI	82,9	AI	64,8	MI	64,8	MI	85,7	AI	64,8	MI	85,7	AI	85,7	AI	53,3	MI
Supressão da vegetação e fragmentação ecossistêmica	100	AI	81,0	AI	100	AI	100	AI	100	AI	100	AI	46,2	MI	100	AI	100	AI	100	AI	100	AI	100	AI	100	AI	100	AI	100	AI	100	AI	100	AI
<b>Total</b>	<b>81,0</b>	<b>AI</b>	<b>40,8</b>	<b>MI</b>	<b>80,0</b>	<b>AI</b>	<b>85,6</b>	<b>AI</b>	<b>78,8</b>	<b>AI</b>	<b>82,2</b>	<b>AI</b>	<b>55,8</b>	<b>MI</b>	<b>82,3</b>	<b>AI</b>	<b>74,1</b>	<b>AI</b>	<b>82,3</b>	<b>AI</b>	<b>79,5</b>	<b>AI</b>	<b>79,5</b>	<b>AI</b>	<b>81,0</b>	<b>AI</b>	<b>78,8</b>	<b>AI</b>	<b>80,3</b>	<b>AI</b>	<b>81,6</b>	<b>AI</b>	<b>75,2</b>	<b>AI</b>

Org.: Silva, J. V. F. (2020)

**Figura 23:** Resultados finais da aplicação da matriz de avaliação de impacto ambiental – Pontos 18 ao 33

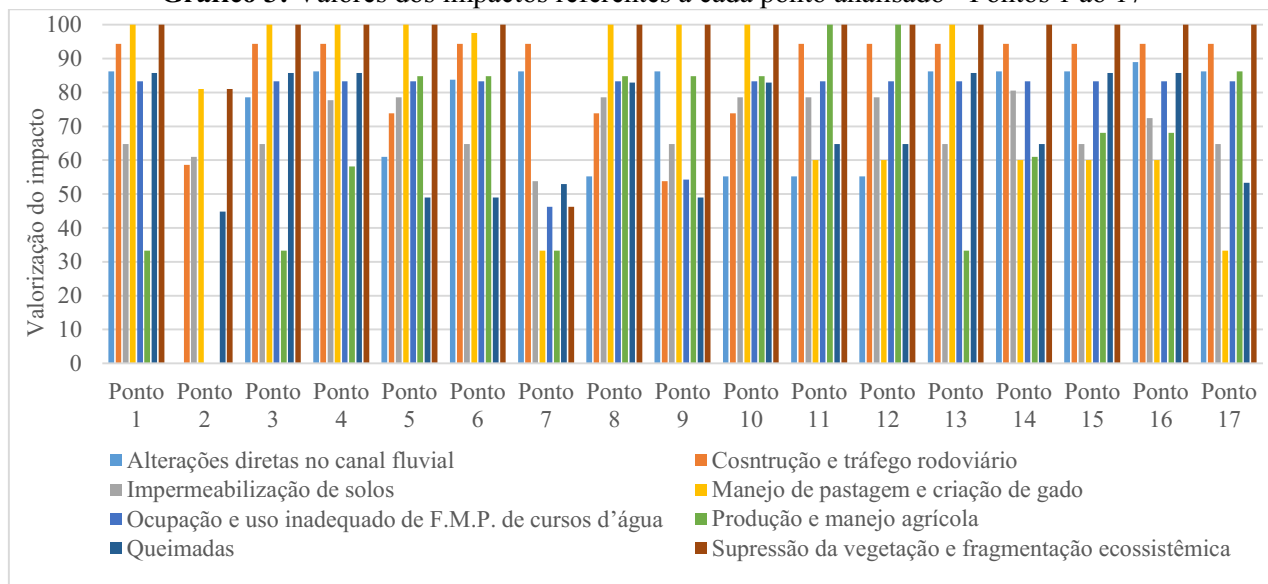
0 - Não interfere (NI)	0,1 a 33,6 - Baixo impacto (BI)	33,7 a 66,9 - Médio impacto (MI)	67 a 100 - Alto impacto (AI)
------------------------	---------------------------------	----------------------------------	------------------------------

Ações responsáveis pela geração de impactos ambientais negativos quanto à dinâmica hidrológica	Ponto 18	Resultado	Ponto 19	Resultado	Ponto 20	Resultado	Ponto 21	Resultado	Ponto 22	Resultado	Ponto 23	Resultado	Ponto 24	Resultado	Ponto 25	Resultado	Ponto 26	Resultado	Ponto 27	Resultado	Ponto 28	Resultado	Ponto 29	Resultado	Ponto 30	Resultado	Ponto 31	Resultado	Ponto 32	Resultado	Ponto 33	Resultado
	Alterações Diretas no canal fluvial	81,0	AI	85,7	AI	33,3	BI	55,2	MI	55,2	MI	86,2	AI	86,2	AI	86,2	AI	55,2	MI	55,2	MI	86,2	AI	55,2	MI	86,2	AI	86,2	AI	78,6	AI	86,2
Cosntrução e tráfego rodoviário	94,3	AI	53,3	MI	94,3	AI	94,3	AI	94,3	AI	94,3	AI	94,3	AI	94,3	AI	94,3	AI	94,3	AI	94,3	AI	94,3	AI	94,3	AI	94,3	AI	94,3	AI	53,8	MI
Impermeabilização de solos	78,6	AI	78,6	AI	78,6	AI	58,1	MI	78,6	AI	94,3	AI	64,8	MI	53,8	MI	78,6	AI	58,1	MI	53,8	MI	78,6	AI	53,8	MI	53,8	MI	64,8	MI	64,8	MI
Manejo de pastagem e criação de gado	60,0	MI	60,0	MI	60,0	MI	60,0	MI	86,7	AI	33,3	BI	100	AI	33,3	BI	60,0	MI	60,0	MI	33,3	BI	60,0	MI	33,3	BI	33,3	BI	100	AI	100	AI
Ocupação e uso inadequado de F.M.P. de cursos d'água	83,3	AI	83,3	AI	83,3	AI	53,3	MI	83,3	AI	94,3	AI	83,3	AI	46,2	MI	83,3	AI	53,3	MI	46,2	MI	83,3	AI	46,2	MI	46,2	MI	83,3	AI	54,3	MI
Produção e manejo agrícola	100	AI	100	AI	100	AI	33,3	BI	40,0	MI	33,3	BI	33,3	BI	33,3	BI	100	AI	33,3	BI	33,3	BI	100	AI	33,3	BI	33,3	BI	33,3	BI	84,8	AI
Queimadas	64,8	MI	64,8	MI	64,8	MI	52,9	MI	64,8	MI	85,7	AI	85,7	AI	52,9	MI	64,8	MI	52,9	MI	52,9	MI	64,8	MI	52,9	MI	52,9	MI	85,7	AI	49,0	MI
Supressão da vegetação e fragmentação ecossistêmica	100	AI	100	AI	100	AI	81,9	AI	100	AI	100	AI	100	AI	46,2	MI	100	AI	81,9	AI	46,2	MI	100	AI	46,2	MI	46,2	MI	100	AI	100	AI
<b>Total</b>	<b>82,7</b>	<b>AI</b>	<b>78,2</b>	<b>AI</b>	<b>76,8</b>	<b>AI</b>	<b>61,1</b>	<b>MI</b>	<b>75,4</b>	<b>AI</b>	<b>77,7</b>	<b>AI</b>	<b>81,0</b>	<b>AI</b>	<b>55,8</b>	<b>MI</b>	<b>79,5</b>	<b>AI</b>	<b>61,1</b>	<b>MI</b>	<b>55,8</b>	<b>MI</b>	<b>79,5</b>	<b>AI</b>	<b>55,8</b>	<b>MI</b>	<b>55,8</b>	<b>MI</b>	<b>80,0</b>	<b>AI</b>	<b>74,1</b>	<b>AI</b>

Org.: Silva, J. V. F. (2020)

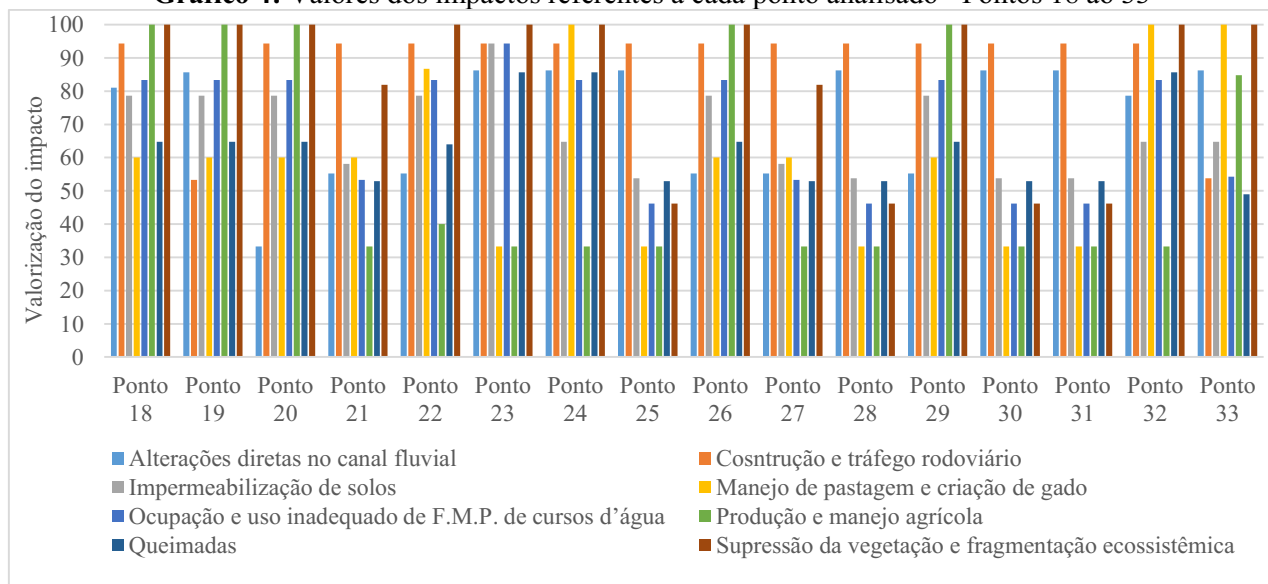
Em linhas gerais, os resultados apontam que dentre os 33 pontos analisados, através da aplicação da matriz, 25 apresentam valores elevados, resultando em áreas com alto impacto ambiental. Para melhor visualização e análise dos dados, os resultados finais desta aplicação estão representados nos gráficos 3 e 4 a seguir.

**Gráfico 3:** Valores dos impactos referentes a cada ponto analisado - Pontos 1 ao 17



Org.: Silva, J. V. F. (2020)

**Gráfico 4:** Valores dos impactos referentes a cada ponto analisado - Pontos 18 ao 33



Org.: Silva, J. V. F. (2020)

A implantação de pastagem para a criação de gado é a atividade mais expressiva na bacia, sendo também a que mais contribui com o processo de degradação ambiental. Quando

relacionada a esta categoria o impacto está voltado primeiramente à derrubada da vegetação nativa e à degradação resultante do sobrepastejo e do manejo inadequado (figura 24). Na bacia do ribeirão Douradinho esta ação impacta diretamente o meio biológico, provocando a diminuição dos habitats naturais, a fragmentação ecossistêmica e a perda de biodiversidade de fauna e flora.

**Figura 24:** Bacia do ribeirão Douradinho - Supressão (a) e fragmentação (b) da vegetação nativa para a implantação de pastagens



Lat.: 19°01'46.39"S Long.: 48°29'05.61"O



Lat.: 19°07'09.47"S Long.: 48°29'26.78"O

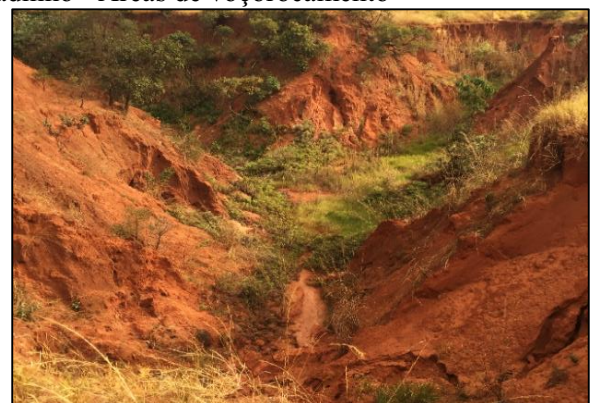
Fonte: Silva, J. V. F. (2019)

A supressão da vegetação, ao mesmo tempo em que reduz a capacidade de infiltração e retenção de água, provoca o aumento do escoamento superficial e a diminuição da matéria orgânica no solo, resultando no seu empobrecimento. O solo exposto, mais susceptível aos processos erosivos, pode alcançar estágios acelerados de erosão. Em relação a estes processos pode-se identificar na área estudada a formação de sulcos erosivos, ravinas e a presença de imensas voçorocas, oriundas da alteração nas dinâmicas dos fluxos hídricos (figura 25).

**Figura 25:** Bacia do ribeirão Douradinho - Áreas de voçorocamento



Lat.: 19°02'31.02"S Long.: 48°26'38.62"O

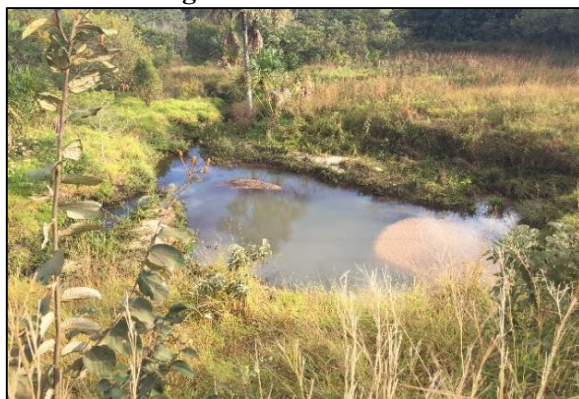


Lat.: 19°02'32.34"S Long.: 48°26'37.11"O

Fonte: Silva, J. V. F. (2019)

Na bacia, além de provocar o aparecimento de feições erosivas lineares, como as acima citadas, a retirada da vegetação, ocasionada pelo processo de uso e ocupação dos solos, tem provocado também problemas relacionados à erosão laminar acelerada como, por exemplo, o carreamento e o depauperamento dos solos e o assoreamento dos canais fluviais (figura 26).

**Figura 26:** Bacia do ribeirão Douradinho - Assoreamento dos canais fluviais



Lat.: 19°02'57.59"S Long.: 48°20'50.58"



Lat.: 19°02'56.37"S Long.: 48°20'49.96"O

Fonte: Silva, J. V. F. (2019)

Junto à retirada da vegetação, a impermeabilização dos terrenos constitui em outro fator que contribui para o aumento do fluxo de escoamento superficial das águas pluviais, interferindo no balanço hidrológico da bacia, na sua dinâmica natural de infiltração e de circulação da água no solo. Na área de estudo, essa impermeabilização, atrelada à declividade das vertentes, tem resultado na alteração e redirecionamento dos fluxos pluviais, acarretando no aceleração dos processos de erosão.

Em relação às queimadas, muitas vezes realizadas para a “limpeza” da área e para o manejo das pastagens, sabe-se que podem elevar a temperatura local, diminuir a umidade e aumentar a evapotranspiração, ocasionando na alteração da dinâmica hídrica, interferindo também nos fluxos hídricos superficiais e subsuperficiais.

O manejo para a produção agrícola na bacia, representada pelas culturas anuais e perenes, equivale à segunda maior forma de utilização dos solos. Assim como já citado anteriormente, na área de estudos as culturas anuais são representadas sobretudo pela cultura de cana-de-açúcar e soja, e as culturas perenes representadas pelo cultivo de laranja.

Os impactos gerados por essas atividades estão ligados principalmente às propriedades físicas e químicas dos solos, à fragmentação da cobertura vegetal, à quantidade e qualidade hídrica na bacia, além da contaminação do solo e do lençol freático por meio do uso de agrotóxicos (figura 27).

**Figura 27:** Bacia do ribeirão Douradinho - Fragmentação da vegetação (a) e captação de água para irrigação para a agricultura (b)



Lat.: 19°08'12.01"S Long.: 48°27'22.27"O



Lat.: 19°05'36.38"S Long.: 48°39'19.63"O

Fonte: Silva, J. V. F. (2019)

A ocupação da bacia pela malha urbana ocorre em uma pequena parte no nordeste da bacia, nas nascentes do ribeirão Douradinho. Entretanto, neste local também são encontradas ocorrências de impactos ambientais extremamente negativos, como: a compactação e a impermeabilização dos solos e a supressão vegetal, além de geração de resíduos e seu descarte de forma errônea (figura 28).

**Figura 28:** Bacia do ribeirão Douradinho - Impactos na área urbana



Lat.: 19°00'18.85"S Long.: 48°22'20.13"O



Lat.: 19°00'18.85"S Long.: 48°22'20.13"O

Fonte: Silva, J. V. F. (2019)

De forma geral, os resultados apontam que, dentre os pontos analisados através da aplicação da matriz, cerca de 75% apresentam valores elevados de índices, caracterizando a predominância de áreas altamente impactadas de forma negativa. Os valores aqui obtidos apontam a necessidade de uma melhor gestão dos recursos naturais da bacia hidrográfica em questão.

A avaliação apresentada destacou e analisou as principais ações responsáveis pela geração de impactos ambientais que afetam negativamente os elementos naturais da bacia do ribeirão Douradinho. A utilização da Matriz de Leopold para a disposição e avaliação dos dados permitiu realizar, de forma integrada, a identificação das principais fontes da degradação.

Ressalta-se que os impactos ambientais encontrados no local, como o acelerado processo erosivo, o assoreamento dos canais fluviais, a fragmentação ecossistêmica, dentre outros, tem ocorrido em função das mudanças constantes que o homem tem realizado no terreno, interferindo direta e/ou indiretamente na dinâmica e na qualidade ambiental da bacia.

Após essas constatações, é notável a necessidade de aplicação de práticas conservacionistas em diversas áreas da bacia, práticas como as já citadas anteriormente no subcapítulo 4.1, visando um uso mais adequado e sustentável dos recursos naturais.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Compreender a origem, a atuação e a evolução da erosão nos terrenos e os impactos ambientais dela advindos é o primeiro passo para a determinação de medidas mitigadoras e para a aplicação de práticas de conservação e/ou recuperação dos solos. Nesse sentido, a presente pesquisa apresentou um diagnóstico detalhado a respeito da suscetibilidade e do potencial erosivo dos solos da bacia hidrográfica do ribeirão Douradinho em relação ao processo de erosão laminar.

A bacia hidrográfica em questão abrange áreas dos municípios de Uberlândia e Monte Alegre de Minas, na Região Geográfica Intermediária de Uberlândia, no estado de Minas Gerais. A bacia possui uma área total de 922,16 km<sup>2</sup>, sendo cortada pelas rodovias BR 497, no sentido Uberlândia/Prata, e BR 455, no sentido de Uberlândia/Campo Florido. Seu canal principal, de 5<sup>a</sup> ordem, percorre 65,5 Km desde suas nascentes, localizadas no Bairro Morada Nova, na porção Sudoeste do perímetro urbano de Uberlândia, até a sua foz no Rio Tijuco.

No contexto regional das bacias hidrográficas, o ribeirão Douradinho é afluente da margem direita do Rio Tijuco, que encontra-se inserido na bacia do rio Paranaíba, na Região Hidrográfica do Rio Paraná. De modo geral, a área em questão retrata as características regionais em relação aos fatores desencadeadores dos processos erosivos analisados nesta pesquisa, sendo representativa da situação preponderante no Triângulo Mineiro. Desta forma, os resultados que foram aqui apresentados devem ser também significativos num contexto regional.

A erosão laminar, assim como já citado anteriormente, ocasiona a perda das camadas superficiais mais férteis dos solos, acarretando na redução da produtividade agrícola, no aumento dos custos de produção, numa maior demanda por insumos, além de diversos impactos negativos que afetam diretamente e/ou indiretamente o ambiente.

Foram realizados estudos preliminares e a caracterização dos aspectos fisiográficos da área em questão. Essa caracterização consistiu, basicamente, em uma análise segmentada e na representação cartográfica dos componentes referentes à litologia, relevo, solos, hidrografia, clima e ao uso do solo da bacia, fundamental para a avaliação da erosão.

Em relação à suscetibilidade à erosão laminar na bacia do ribeirão Douradinho, determinada a partir da integração das informações de ordem natural correspondentes à erosividade das chuvas, à erodibilidade dos solos, à declividade do terreno e ao comprimento das encostas, concluiu-se que 64,79% dos terrenos da área estudada estão entre as classes de

moderada a muito suscetível, correspondendo a solos com alta vulnerabilidade em relação ao desenvolvimento dos processos erosivos. Tais terrenos apresentam problemas complexos de conservação, e são favoráveis ou parcialmente favoráveis a ocupações por pastagem e culturas perenes, sendo mais apropriados às atividades voltadas ao reflorestamento.

Em razão das interferências e das modificações realizadas pela ação econômica/atuação antrópica, 46,11% da área total da bacia apresentam um uso atual do solo incompatível com o grau de suscetibilidade. Esses terrenos enquadram-se entre as classes de médio e alto potencial erosivo, evidenciando os locais onde são necessárias adequações quanto ao uso/manejo dos solos e a aplicação de práticas conservacionistas adequadas. O conhecimento dos fatores de ordem natural, utilizado para a determinação da suscetibilidade erosiva dos solos, torna-se indispensável e deve ser amplamente considerado para a tomada de decisão da forma de uso e ocupação dos terrenos.

Constata-se a necessidade da elaboração de diagnósticos ambientais que subsidiem a análise do processo de degradação dos recursos naturais, causado pela relação desequilibrada do homem com a natureza, e a aplicação de práticas conservacionistas para a proteção dos solos. Nesse sentido, a ciência geográfica tem contribuído de forma considerável para esses estudos por meio do desenvolvimento de modelos preditivos e da utilização dos Sistemas de Informação Geográficas (SIG) como ferramenta de análise ambiental.

A metodologia adotada no desenvolvimento dessa pesquisa, amplamente utilizada nos estudos atuais a respeito do tema, baseada no cruzamento de informações e dados, mostrou-se apropriada e eficaz no cumprimento dos objetivos propostos. A adoção do SIG como ferramenta de análise ambiental foi de suma importância, pois permitiu, por meio do desenvolvimento de materiais cartográficos e temáticos no *software* QGIS 3.4.15, a realização da caracterização física e a elaboração do diagnóstico de atuação da erosão laminar na bacia.

Os dados aqui apresentados poderão servir como subsídio para o planejamento ambiental da bacia, uma vez que tornam conhecidas as suas características físicas e econômicas, bem como as diferentes classes de capacidade de uso dos solos do local, sendo capaz de promover a efetivação de ações e práticas voltadas à preservação/conservação da área, proporcionando uma melhor qualidade ao ambiente.

## REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. A Serra do Japi, sua origem geomorfológica e a teoria dos refúgios. In: MORELLATO, L. P. C. (ed). **História Natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil**. Campinas, Unicamp/FAPESP, 1971. 321p.
- AB'SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **HidroWeb: Séries históricas**. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>>. Acesso em: 30 de mar. 2020.
- ANTONELI, V; THOMAZ, E.L. Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista, Guamiranga - PR. **Rev. Caminhos da Geografia**, Uberlândia, p46-58, v.8, n.21, jun. 2007.
- ARAGÃO, R.; ALMEIDA, J. A. P.; FIGUEIREDO, E. E.; SRINIVASAN, V. S. Mapeamento do potencial de erosão laminar na Bacia do Rio Japarutuba, SE, via SIG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. p.731–740, v.15, n.7, 2011. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v15n7/v15n07a12.pdf>>. Acesso em: 05 ago. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000700012>
- ARAÚJO, L. E. et. al. Bacias Hidrográficas e Impactos Ambientais. **Qualitas**. V. 8 n. 1. 2009. Disponível em: <[revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/download/399/366](http://revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/download/399/366)>. Acesso em: 05 de setembro de 2020.
- BACCARO, C. A. D. As unidades geomorfológicas do Triângulo Mineiro. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, p. 37-42, n. 5 e 6, 1991.
- BACCARO, C. A. D. **Estudo dos processos geomorfológicos de escoamento pluvial em área de cerrado - Uberlândia - MG**. Tese de Doutorado. São Paulo, FFLCH/USP, 1990.
- BACCARO, C. A. D. Processos erosivos nos domínios dos Cerrados. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO R. G. M. (orgs.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, cap. 7. 1999, p. 229-267.
- BACCARO, C. A. D. Estudos geomorfológicos do município de Uberlândia. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, p. 17-21, v. 1, n. 1, 1989.
- BARCELOS, J. H. **Reconstrução paleogeográfica da sedimentação do Grupo Bauru baseada na sua redefinição estratigráfica parcial em território paulista e no estudo preliminar fora do estado de São Paulo**. 190 p. Tese (Livre Docência, IGCE/UNESP). Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1984.
- BATEZELLI, A. **Análise da Sedimentação Cretácea no Triângulo Mineiro e sua Correlação com Áreas Adjacentes**. 183 f. Tese (Doutorado em Geologia), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro, 2003.
- BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação**. Florianópolis: UFSC, 1994. 112 p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 3ª edição, São Paulo: Editora Ícone, 1993.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global. Esboço Metodológico. **RA'EGA**, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004. DOI: <https://doi.org/10.5380/raega.v8i0.3389>

BEST, A. C. The size distribution of raindrops. **Quarterly Journal Royal Meteorological Society, London**, p.16-36, v.76, 1950. DOI: <https://doi.org/10.1002/qj.49707632704>

BRASIL. Ministérios do Meio Ambiente. Resolução **CONAMA** nº 1 de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Publicada no DOU, de 17 de fevereiro de 1986. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=23>>. Acesso em: 10 de fev. 2021.

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

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE MINAS GERAIS (CODEMIG). **Portal da Geologia de Minas Gerais**: Projeto Triângulo Mineiro/Ouro Preto. Disponível em: <<http://www.portalgeologia.com.br/index.php/mapa/>>. Acesso em: 27 de mar. 2020.

CHEREM, L. F. S. **Análise Morfométrica da Bacia do Alto Rio das Velhas – MG**. Dissertação de Mestrado. Belo Horizonte, 2008.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo, Edgar Blucher, 2ª ed. 1980.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília-DF, 5ª ed. 2018. 356 p.

FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M. A Bacia Bauru (Cretáceo Superior, Brasil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, p. 195-205, v. 68, n. 2, 1996.

GONCALVES, A. O. **Caracterização climática**. In: PRADO, R. B.; FIDALGO, E. C. C.; BONNET, A. (Ed.). Monitoramento da revegetação do COMPERJ: etapa inicial. Brasília, DF: Embrapa, 2014. cap. 4, p. 65-82.

GROTZINGER, J. P. JORDAN, T. H. **Understanding Earth**. Seventh Edition. **Publisher:** W. H. Freeman and Co. New York, 2004. 650 p.

GUERRA, A. J. T.; MENDONÇA, J.K.S. Erosão dos solos e a questão ambiental. In: VITTE, A.C.; GUERRA, A.J.T. (orgs.). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p. 225 – 256.

GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO R. G. M. (org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999, cap. 7. p. 229-267.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and the drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geol. Soc. Amer. Bulletin**, 56(3), 1945, p. 275-370. DOI: [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56\[275:EDOSAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2)

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Biblioteca:** Catálogo. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo.html>>. Acesso em: 25 de mar. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Geociências:** Informações ambientais. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>>. Acesso em: 25 de mar. 2020.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Orientações para o combate à erosão no estado de São Paulo**, Bacia do Pardo Grande. São Paulo: IPT, v.3. 1990.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Projeto TerraClass Cerrado 2013:** Mapeamento do uso e cobertura da terra do Cerrado. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/tccerrado/>>. Acesso em: 07 de mar. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Topodata:** Banco de dados geomorfométricos do Brasil. Mapa índice. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>>. Acesso em: 31 de mar. 2020.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM). **Base cartográficas digitais:** Hidrografia. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/banco-de-noticias/1-ultimas-noticias/1312-hidrografia>>. Acesso em: 27 de mar. 2020.

IRIAS, L. J. M.; GEBLER, L.; PALHARES, J. C. P.; ROSA, M. F.; RODRIGUES, G. S. Avaliação de impacto ambiental de inovação tecnológica agropecuária - Aplicação do sistema Ambitec. **Agricultura em São Paulo**, v.51, p.23-39, 2004.

LAWS, J. O. PARSONS, D. The relation or raindrop-size to intensity. **Transactions of the American Geophysical Union**. p.452-459, v.24, 1943. DOI: <https://doi.org/10.1029/TR024i002p00452>

LEOPOLD, L. B. et al. **Procedure for evaluating environmental impact**. Washington, 1971. DOI: <https://doi.org/10.3133/cir645>

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. 2.ed. Oficina de Texto, São Paulo, 2010. 216 p.

LEPSCH, I. F. et al. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 4ª aproximação. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciências do solo, 1983.

LIMA, W. P. ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES; R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) **Matas ciliares:** conservação e recuperação. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000. p.33-43.

LOMBARDI NETO, F. BERTONI, J. **Erodibilidade de solos paulistas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1975a (Boletim técnico, 27).

MACHADO, M. L. et al. Levantamento sistemático dos fatores da Equação Universal de Perdas de Solos (USLE) para o delineamento de áreas com potencial erosivo da bacia PN1 – IGAM, Minas Gerais (resultados parciais). **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Natal, 2009, p. 7733-7739.

MANNIGEL, A. R. et al. Fator erodibilidade e tolerância de perda de solos do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum**. p. 1335 – 1340, v. 24, n. 5. Maringá. 2002. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v24i0.2374>

MARCATTO, C. et al. **Plano nacional de recursos hídricos: iniciando um processo de debate nacional** (documento de introdução). Brasília: MMS-SRH-CID, 2004.

MENDES, C. A. B. CIRILO, J. A. **Geoprocessamento em recursos hídricos: princípios, integração e aplicação**. Porto Alegre: ABRH, 2001. 536 p.

MOTA, S. **Urbanização e Meio Ambiente**. 4. ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011. v. 1. 380p

NISHIYAMA, L. Geologia do município de Uberlândia e áreas adjacentes. **Sociedade & Natureza**. Uberlândia, p. 9–15, v. 1, n. 1, jun. 1989.

OLIVEIRA, V. C. V. **Suscetibilidade e risco à erosão laminar no setor sul do altocurso da bacia do rio Araguaia (GO/MT): discussão metodológica e proposta de avaliação espacial**. Dissertação de mestrado. Goiânia, 2004.

PAUL, C. R.; WERLANG, M. K. Análise da predisposição à erosão laminar (entressulcos) em um planossolo na várzea do Agudo, Agudo-RS. **Ciência e Natureza**. Santa Maria, p.211-237, v. 34, n. 2, dez. 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/viewFile/9350/5501>>. Acesso em: 05 ago. 2020. DOI: <https://doi.org/10.5902/2179460X9350>

PEREIRA, J. S. **Avaliação das perdas de solos por erosão laminar na área de influência da UHE Amador Aguiar I**. 2014. 167 f. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia, 2014.

PEREIRA, K. G. **A Importância Litoestrutural na morfogênese nas bacias dos ribeirões Douradinho e Estiva, no Triângulo Mineiro**. 2016. 173 f. Tese de doutorado. Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia - MG, 2016.

PESSÔA, V. L. S. CAVALINI, M. B. **O espaço rural do Triângulo Mineiro: principais transformações ocorridas nas últimas décadas**. In: 8º Encontro Nacional de Geografia Agrária, 1987, Aracaju. 8º Encontro Nacional de Geografia Agrária, 1987. p. 117-117.

PETRUCCI, E. **Características do clima de Uberlândia-MG: análise da temperatura, precipitação e umidade relativa**. 2018. 245 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Geografia, Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

RADAM-BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. **Levantamento de Recursos Naturais**. Rio de Janeiro, p. Folha SE 22, Goiânia, 1983.

RENARD, K. G. et al. **Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)**. Washington, 1997: Agriculture Handbook, n. 703. Disponível em: <<https://www.tucson.ars.ag.gov/unit/publications/PDFfiles/1132.pdf>>. Acesso em: 09 de out 2020.

ROCHA, E. C.; CANTO, J. L.; PEREIRA, P. C. Avaliação de impactos ambientais nos países do Mercosul. **Ambiente & Sociedade**, v.8, p.147-160, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2005000200008>

ROCHA, M. R. et al. Mapeamento Geomorfológico do Triângulo Mineiro – Brasil. In: **X Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. Rio de Janeiro, RJ: UERJ, 2003.

RODRIGUES, L. NISHIYAMA, L. Estudos dos fatores responsáveis pela erosão acelerada na bacia do Córrego dos Macacos – Uberlândia – MG. **Anais VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão (SNCE)**. Goiânia, 2001.

ROSA, R. **Uso dos SIG's para Zoneamento: Uma Abordagem metodológica**. Tese de Doutorado. São Paulo, FFLCH/USP, 1995.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO R. G. M. (orgs.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, cap. 7. 1999, p. 229-267.

SANCHEZ, L. A. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina do Textos, 2008.

SCHIAVETTI, A. CAMARGO, A. F. M. **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus, Ba: Editus, 2002, 293 p.

SILVA, A. M. **Princípios Básicos de Hidrologia**. Departamento de Engenharia. UFLA. Lavras-MG. 1995.

SILVEIRA, E. L. D. **Paisagem: um conceito chave em Geografia**. In: 12º Encontro de Geógrafos da América Latina, Montevideo. 2009.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude): analysis of erosional topography. *Geol. Soc. America Bulletin*, p. 1117-1142, 63(10). 1952. DOI: [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1952\)63\[1117:HAAOET\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1952)63[1117:HAAOET]2.0.CO;2)

SUGUIO, K., BARCELLOS, J.S. & MONIZ, A.C. **Caracterização sedimentológica e mineralógica de formações superficiais argilo-arenosas peculiares dos planaltos do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29, 1976, Ouro Preto. Anais..., Ouro Preto, SBG, vol. 1, p. 241-247.

TEODORO, V. L. I. TEIXEIRA, D. COSTA, D. J. L. FULLER, B. B. O conceito de Bacia Hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da

dinâmica ambiental local. **REVISTA UNIARA**, p. 137-156 n.20, jan. 2007. DOI: <https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2007.v11i1.236>

TERRACLASS. **Mapeamento do uso e cobertura da terra do Cerrado**. Projeto TerraClass Cerrado 2013. Brasília-DF, 2015. 69 p.

TOMMASI, L. R. **Estudo de Impacto Ambiental**. 1º ed., São Paulo, CETESB, 1994, 355 p.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: FIBGE/SUPREN, 1977.

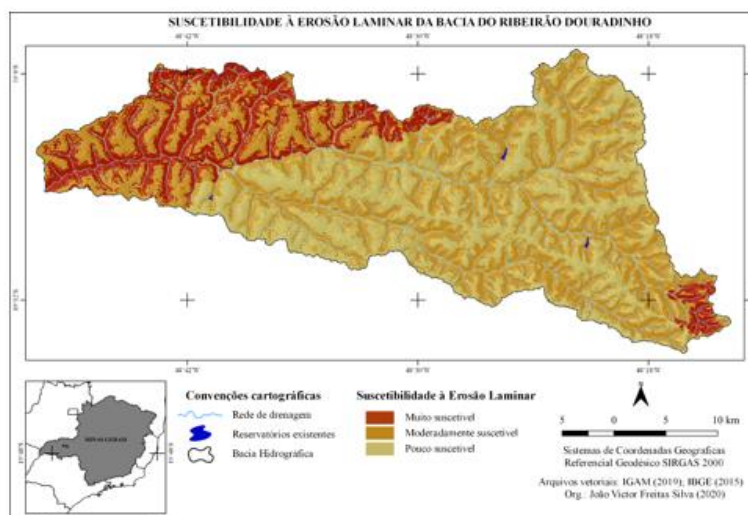
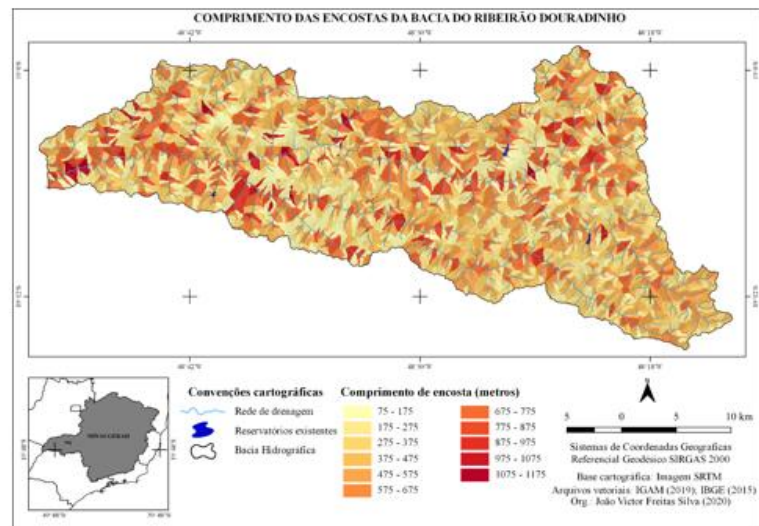
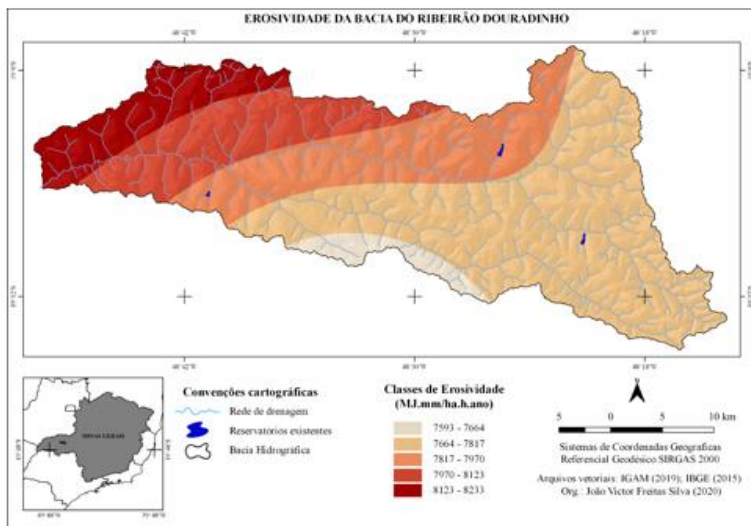
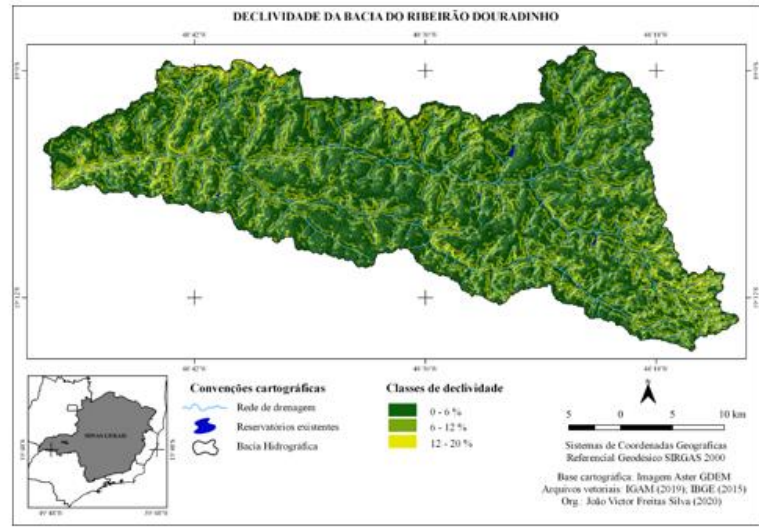
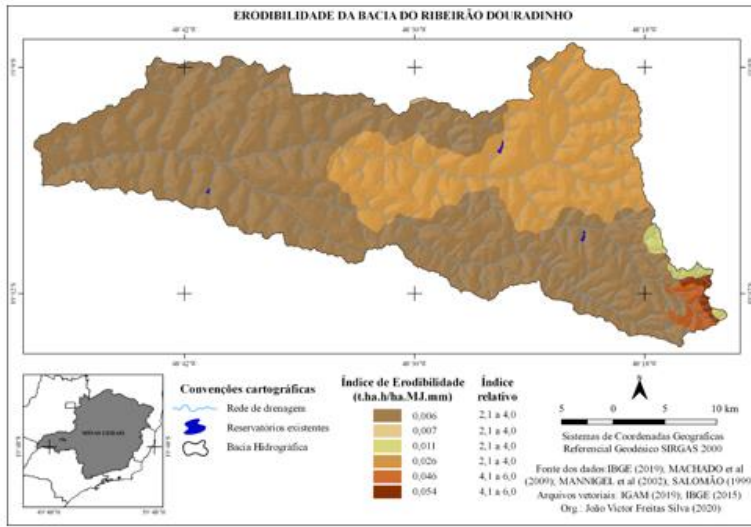
VILLELA, S. M. MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo, MacGraw Hill do Brasil, 1975. 247p.

WISCHMEIER, W. H. SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington, DC: USDA, 1978. (Agriculture handbook, 537).



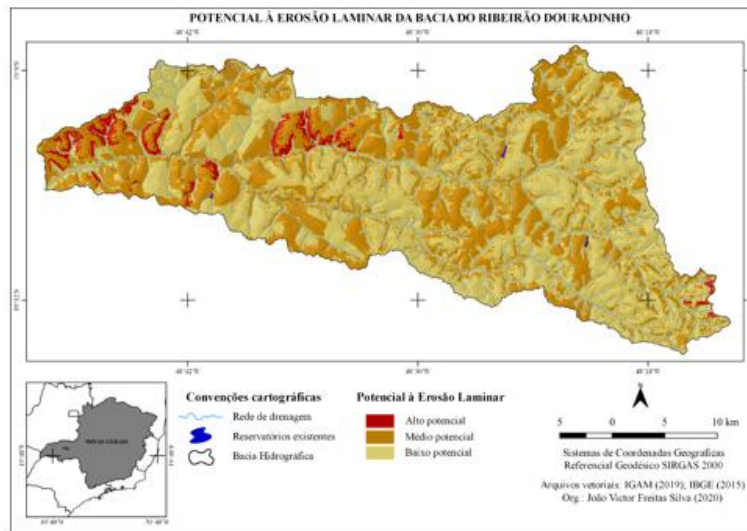
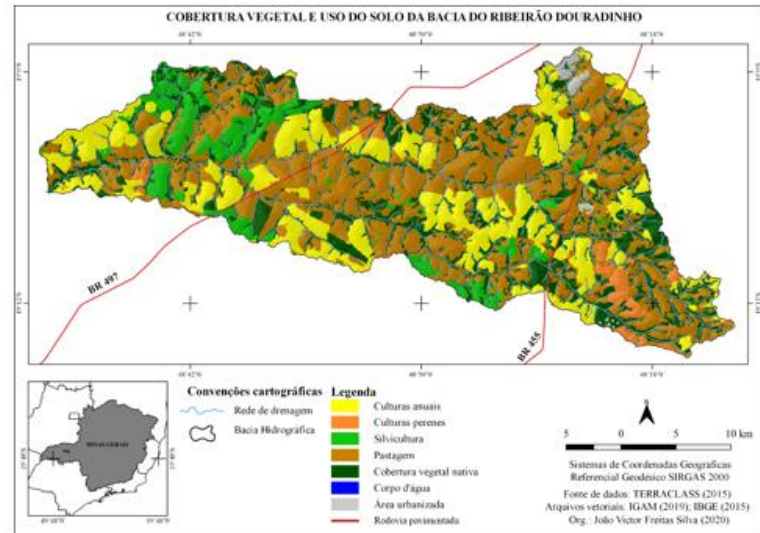
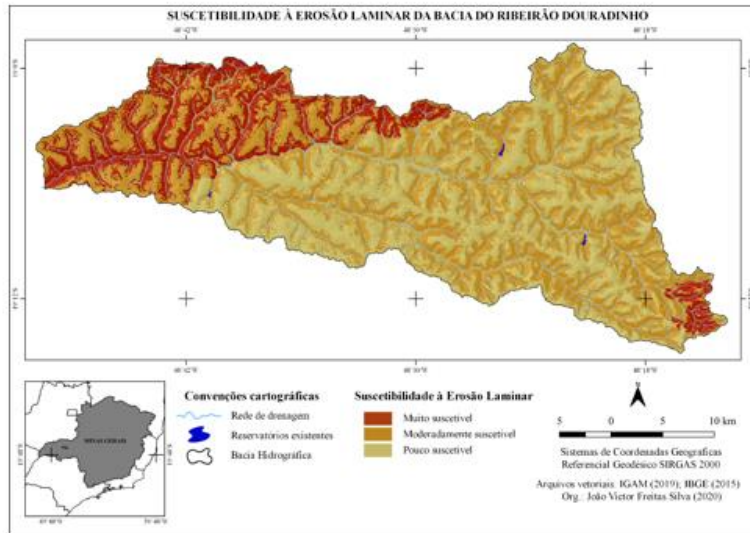
## ANEXOS I

### Anexo A - Síntese do mapeamento da suscetibilidade à erosão laminar da bacia do ribeirão Douradinho



Fonte: Silva, J. V. F. (2021)

### Anexo B - Síntese do mapeamento do potencial à erosão laminar da bacia do ribeirão Douradinho



Fonte: Silva, J. V. F. (2021)

## ANEXOS II

**Anexo C – Totais pluviométricos anuais (mm) da Estação Fazenda Letreiro**

<b>Ano</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>Total</b>
<b>2008</b>	193,1	272,4	295	226	63,7	0,2	0	0	39,7	206,3	86,4	366,9	1749,7
<b>2009</b>	480,8	288,5	182,4	85,2	61,1	35,7	12,3	54,4	155,7	184,2	148,7	350,7	2039,7
<b>2010</b>	183,2	250,8	87,2	34,2	25,1	11,8	2	0	11,4	124,5	318,2	238,8	1287,2
<b>2011</b>	320,3	294,8	390,5	199,4	5,3	27,7	0	0	2,4	136,1	74,8	232,7	1684,0
<b>2012</b>	270,8	198,6	161,6	148,3	60,7	45,8	13,9	0	32,3	129,1	201,1	86,9	1349,1
<b>2013</b>	362,3	162,4	109,9	91,1	161	4,5	0	0	12,3	94,5	47,2	355	1400,2
<b>2014</b>	61,6	53,9	119,4	113,1	8,3	0	65,9	0	19,3	49,8	314	234,7	1040,0
<b>2017</b>	135,7	88	189,5	23,1	107	0	0	0	22,2	92,8	228,3	162	1048,6
<b>2018</b>	166,1	144,7	212,6	41,4	17,6	0	0	15,2	73,6	205,3	303,2	247,6	1427,3
<b>2019</b>	141,2	191,3	65,5	102,3	33	0	0	0	51	47,2	227,7	227,1	1086,3
<b>MÉDIA</b>	231,5	194,5	181,4	106,4	54,3	12,6	9,4	7,0	42,0	127,0	195,0	250,2	1411,2

Fonte: HidroWeb/ANA (2019) Org.: Silva, J. V. F. (2020)

**Anexo D – Totais pluviométricos anuais (mm) da Estação Fazenda Paraíso**

<b>Ano</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>Total</b>
<b>2007</b>	396,5	278,2	77,5	93,5	9,1	0	26,1	0	0	70,6	165,7	257,5	1374,7
<b>2008</b>	173,8	271,2	227,8	222,7	70	1,5	0	7,2	24,2	182,7	83	433,3	1697,4
<b>2009</b>	300	291,5	173,9	61,3	26,1	11,6	7,8	22,1	92,5	83,9	185,9	389,2	1645,8
<b>2012</b>	358,9	185,7	257,4	67,9	37,6	42,7	26,8	0	11,2	80,8	111,5	101,4	1281,9
<b>2014</b>	32,9	125,2	179,1	106,2	0	0	101,5	0	30,3	67,3	199,3	201,9	1043,7
<b>2015</b>	80,1	214,4	266,8	88,6	79,8	26	9,5	0	59,6	37	286,1	96,2	1244,1
<b>2016</b>	419,6	151,5	288,9	0	1,9	56,4	0	36,3	10,9	145,3	294,7	277,3	1682,8
<b>2017</b>	295,8	170,5	85,4	67	52	25,5	0	0	19	81	294,1	237,9	1328,2
<b>2018</b>	179,4	218,2	60,1	0	0	12,5	0	12,2	38,3	145	316,5	158,9	1141,1
<b>2019</b>	112,8	282,6	131,1	68,8	0	0	0	16,2	4,3	117,2	126,2	168	1027,2
<b>MÉDIA</b>	235,0	218,9	174,8	77,6	27,7	17,6	17,2	9,4	29,0	101,1	206,3	232,2	1346,7

Fonte: HidroWeb/ANA (2019) Org.: Silva, J. V. F. (2020)

**Anexo E – Totais pluviométricos anuais (mm) da Estação Fazenda Nossa Senhora Aparecida**

<b>Ano</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>Total</b>
<b>2008</b>	246,1	465	278,7	205	36,2	0	0	6,3	40,5	82,9	84,4	632,8	2077,9
<b>2009</b>	429,4	201,2	237,6	12,3	44,3	21,5	8,3	14,4	94,6	218	131,6	467	1880,2
<b>2010</b>	278,9	315,1	223,1	196,2	11,7	7,7	0	0	134,9	136,7	175,1	176,2	1655,6
<b>2011</b>	335	150,6	466,8	85,1	0	0	0	13,2	1,6	177,1	124,3	262,2	1615,9
<b>2013</b>	238,3	230,1	161,2	251,9	155,6	12,9	0	0	48,8	130,9	166,9	175,8	1572,4
<b>2014</b>	25,6	96,1	181,4	163	0	0	77,5	0	1	70,3	343,3	282,8	1241
<b>2015</b>	185,5	216,1	275,3	283,1	7,1	26,5	24,9	0	59,6	47,6	244,4	240,3	1610,4
<b>2017</b>	239,9	142,1	182,1	67	61,7	6	0	0	13,3	97,4	200,8	183,5	1193,8
<b>2018</b>	430	85,2	92,3	49,8	30	5,7	0	22,8	33,4	78,1	379,9	59	1266,2
<b>2019</b>	135,7	204,5	119,4	155,8	37	0	0	52,4	46,5	94,2	164,9	247	1257,4
<b>MÉDIA</b>	254,4	210,6	221,8	146,9	38,4	8,0	11,1	10,9	47,4	113,3	201,6	272,7	1537,1

Fonte: HidroWeb/ANA (2019) Org.: Silva, J. V. F. (2020)

**Anexo F – Totais pluviométricos anuais (mm) da Estação Monte Alegre de Minas**

<b>Ano</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>Total</b>
<b>2005</b>	460,9	16,6	358,9	46	73,1	13	0	10,8	41,2	72	439,7	312,6	1844,8
<b>2006</b>	184,5	207,6	173,9	51,2	14,9	0	0	16,6	65,6	231,4	374,4	341,4	1661,5
<b>2008</b>	268,5	370,7	145,8	82,9	35,7	4,8	0	0	26,7	134,4	115,9	290,5	1475,9
<b>2009</b>	261,7	155,3	148,5	84,8	77,3	24,6	25,2	59,1	138,3	86,9	164	535,8	1761,5
<b>2010</b>	214,6	83,5	106,5	41	22,2	21,1	0,8	0	26,3	185,1	303,3	312,2	1316,6
<b>2012</b>	276,9	168,7	158,9	140,4	42,7	37,9	2,1	0	14,1	66,1	165,8	242,4	1316
<b>2013</b>	358,9	186,9	153	173,3	81,8	4,2	0	0,6	25,4	129,1	167,7	175,9	1456,8
<b>2016</b>	264,7	146	245,5	0,5	14,8	27,1	0	33,6	16,8	141,9	315,8	137,6	1344,33
<b>2017</b>	251,8	139,3	156,9	107,8	60,9	0,2	0	0	12,8	53,6	262	313,3	1358,6
<b>2018</b>	493,7	141,1	97,8	31,7	11,2	1,8	0	6,6	51,5	125,2	378,8	165,2	1504,6
<b>MÉDIA</b>	303,6	161,6	174,6	76,0	43,5	13,5	2,8	12,7	41,9	122,6	268,7	282,7	1504,1

Fonte: HidroWeb/ANA (2019) Org.: Silva, J. V. F. (2020)

**Anexo G – Totais pluviométricos anuais (mm) da Estação Xapetuba**

<b>Ano</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>Total</b>
<b>2005</b>	447,7	72,1	296,4	28,5	56,2	65,2	0	0,7	55,7	55,1	358,8	425,9	1862,3
<b>2009</b>	301,3	262,6	198,2	44	30,5	38,2	6,1	76,7	60,9	87,4	169,8	341,4	1617,1
<b>2011</b>	339,1	192	364,5	136	4,1	22,9	0	0	3	248,1	92	149,3	1551
<b>2012</b>	353,7	147,2	190,7	144,4	9,6	5	0	0	5,8	68	147,8	165,5	1237,7
<b>2013</b>	347,8	116,5	173,2	116,9	127,5	3,5	0,2	4,7	59,1	140	168,1	354,1	1611,6
<b>2015</b>	114,9	130,4	381,1	76,2	57,1	4,1	7,3	0	44,1	66,2	248,6	237,7	1367,7
<b>2016</b>	431,9	114,4	264,8	16,7	29,2	30,2	0	38,1	3,1	207,7	312,6	300,3	1749
<b>2017</b>	205,9	155,2	112,1	25,4	95,2	0,6	0	0	14,5	94,7	287,1	291,5	1282,2
<b>2018</b>	378,3	150,4	67	129,9	23,7	0,2	0	32	33,6	122,7	354,7	216,2	1508,7
<b>2019</b>	85,3	187,5	116,6	160,3	8,9	0	2,5	9,5	85,6	58,8	157,9	306,3	1179,2
<b>MÉDIA</b>	300,6	152,8	216,5	87,8	44,2	17,0	1,6	16,2	36,5	114,9	229,7	278,8	1496,7

Fonte: HidroWeb/ANA (2019) Org.: Silva, J. V. F. (2020)

**Anexo H– Erosividade da chuva (MJ.mm/ha.h.ano) da Estação Fazenda Letreiro**

<b>Ano</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>R</b>
<b>2008</b>	907,2	1628,2	1864,4	1185,3	137,7	0,0	0,0	0,0	61,6	1015,1	231,2	2701,4	9732,0
<b>2009</b>	3754,7	1575,7	722,7	198,1	112,6	45,2	7,4	92,4	552,2	734,9	510,7	2196,0	10502,7
<b>2010</b>	1076,8	1836,7	304,8	62,1	36,7	10,2	0,5	0,0	9,6	558,4	2752,7	1689,8	8338,3
<b>2011</b>	2215,3	1923,9	3102,7	989,7	2,1	34,5	0,0	0,0	0,5	517,1	186,9	1286,9	10259,5
<b>2012</b>	2010,6	1186,9	836,0	722,4	158,2	98,0	12,9	0,0	54,1	570,7	1212,4	291,2	7153,4
<b>2013</b>	3195,4	816,8	420,5	305,7	804,8	1,8	0,0	0,0	10,2	325,3	100,0	3086,7	9067,3
<b>2014</b>	202,4	161,3	623,4	568,6	6,7	0,0	227,0	0,0	28,1	141,0	3226,1	1966,8	7151,4
<b>2017</b>	769,6	368,5	1357,6	37,9	513,8	0,0	0,0	0,0	35,5	403,4	1863,4	1040,0	6389,7
<b>2018</b>	834,9	660,4	1270,3	78,7	18,4	0,0	0,0	14,3	209,3	1197,0	2322,6	1645,9	8251,8
<b>2019</b>	799,0	1338,8	216,5	462,0	67,5	0,0	0,0	0,0	141,5	124,0	1800,2	1792,2	6741,7
<b>EI_geral</b>	1482,5	1102,9	978,9	395,4	125,9	10,5	6,4	3,8	81,4	534,0	1106,9	1692,1	7520,8

Org.: Silva, J. V. F. (2020)

**Anexo I – Erosividade da chuva (MJ.mm/ha.h.ano) da Estação Fazenda Paraíso**

<b>Ano</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>R</b>
<b>2007</b>	3783,6	2071,6	235,9	324,5	6,2	0,0	37,1	0,0	0,0	201,3	858,5	1816,4	9335,1
<b>2008</b>	778,3	1658,2	1232,8	1186,3	165,9	0,2	0,0	3,5	27,3	847,2	221,6	3677,9	9799,1
<b>2009</b>	2020,9	1924,6	799,8	135,9	31,8	8,0	4,1	24,0	273,5	231,7	895,8	3145,9	9495,9
<b>2012</b>	3389,6	1105,8	1926,3	199,9	73,2	90,9	41,2	0,0	9,3	268,7	464,6	395,3	7964,8
<b>2014</b>	69,5	673,8	1238,3	509,3	0,0	0,0	471,6	0,0	60,4	234,5	1485,1	1518,1	6260,6
<b>2015</b>	271,6	1448,2	2100,2	322,4	269,9	40,1	7,2	0,0	164,3	73,1	2365,0	370,8	7432,7
<b>2016</b>	3508,0	620,8	1860,0	0,0	0,4	115,7	0,0	54,7	7,1	578,2	1923,9	1734,8	10403,7
<b>2017</b>	2367,5	928,0	286,5	189,6	123,3	36,7	0,0	0,0	22,3	261,8	2344,4	1634,8	8194,9
<b>2018</b>	1151,2	1605,8	179,4	0,0	0,0	12,4	0,0	11,9	83,4	801,6	3021,9	936,6	7804,2
<b>2019</b>	572,0	2725,6	738,6	246,8	0,0	0,0	0,0	21,1	2,2	610,4	692,3	1125,9	6734,8
<b>EI_geral</b>	1582,1	1402,5	956,8	240,6	41,6	19,4	18,5	6,6	45,2	377,1	1268,1	1550,0	7508,5

Org.: Silva, J. V. F. (2020)

**Anexo J – Erosividade da chuva (MJ.mm/ha.h.ano) da Estação Fazenda Nossa Senhora Aparecida**

<b>Ano</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>R</b>
<b>2008</b>	1183,8	3491,9	1462,6	867,7	45,5	0,0	0,0	2,3	55,1	186,2	191,9	5895,8	13382,8
<b>2009</b>	3320,2	915,1	1214,0	7,9	69,9	20,4	4,1	10,3	253,7	1048,8	444,7	3829,4	11138,5
<b>2010</b>	1776,3	2185,8	1215,4	976,9	8,1	4,0	0,0	0,0	516,7	528,5	805,1	813,7	8830,6
<b>2013</b>	1420,4	1338,3	730,8	1560,9	688,2	10,0	0,0	0,0	95,9	513,0	775,3	846,9	7979,6
<b>2014</b>	39,1	370,9	1092,3	910,7	0,0	0,0	257,3	0,0	0,2	218,0	3230,8	2323,7	8443,1
<b>2015</b>	909,2	1178,7	1778,9	1865,4	3,5	33,3	29,9	0,0	131,9	90,0	1452,9	1411,7	8885,6
<b>2017</b>	1815,6	745,4	1136,3	207,6	180,5	3,4	0,0	0,0	13,3	392,2	1341,8	1151,2	6987,4
<b>2018</b>	4657,4	297,2	340,5	119,3	50,4	3,0	0,0	31,6	60,5	256,3	3772,9	159,1	9748,1
<b>2019</b>	659,5	1324,3	530,5	834,0	72,4	0,0	0,0	130,8	106,8	354,6	918,5	1825,6	6757,1
<b>2017</b>	1815,6	745,4	1136,3	207,6	180,5	3,4	0,0	0,0	13,3	392,2	1341,8	1151,2	6987,4
<b>EI_geral</b>	1618,7	1173,7	1281,7	636,4	64,9	4,5	7,8	7,7	93,1	409,3	1089,3	1820,7	8207,8

Org.: Silva, J. V. F. (2020)

**Anexo K – Erosividade da chuva (MJ.mm/ha.h.ano) da Estação Monte Alegre de Minas**

<b>Ano</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>R</b>
<b>2005</b>	3805,8	13,4	2487,5	75,7	166,3	8,8	0,0	6,4	62,8	162,1	3513,0	1967,0	12268,8
<b>2006</b>	877,3	1072,1	793,3	99,2	12,2	0,0	0,0	14,6	151,2	1289,3	2921,6	2497,4	9728,3
<b>2008</b>	1836,0	3176,9	650,2	249,0	59,5	2,0	0,0	0,0	36,3	566,2	440,2	2099,0	9115,3
<b>2009</b>	1512,3	622,8	577,2	222,7	190,2	27,2	28,3	120,5	511,4	232,1	683,3	5113,0	9840,9
<b>2010</b>	1382,3	277,8	420,1	82,9	29,2	26,8	0,1	0,0	39,0	1075,0	2489,0	2614,4	8436,5
<b>2012</b>	2132,8	918,5	829,7	672,2	88,9	72,6	0,5	0,0	13,5	186,8	891,9	1701,0	7508,4
<b>2013</b>	3040,4	1002,8	713,6	881,9	246,1	1,6	0,0	0,1	33,7	534,6	834,0	904,5	8193,5
<b>2016</b>	1940,4	705,6	1707,0	0,0	14,4	40,3	0,0	58,1	17,9	672,2	2619,0	638,0	8412,9
<b>2017</b>	1766,2	645,6	790,3	417,5	158,2	0,0	0,0	0,0	11,2	127,3	1889,5	2560,8	8366,6
<b>2018</b>	5086,9	605,0	324,4	47,8	8,2	0,4	0,0	3,3	109,1	493,7	3242,3	791,0	10712,1
<b>EI_geral</b>	2226,7	761,9	869,0	211,2	81,7	11,2	0,8	10,1	76,7	476,4	1809,5	1972,1	8507,3

Org.: Silva, J. V. F. (2020)

**Anexo L – Erosividade da chuva (MJ.mm/ha.h.ano) da Estação Xapetuba**

<b>Ano</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>R</b>
<b>2005</b>	3593,4	161,2	1782,5	33,3	105,5	135,8	0,0	0,1	103,9	102,0	2466,5	3301,0	11785,3
<b>2009</b>	2066,5	1635,9	1014,0	78,5	42,1	61,7	2,7	201,9	136,4	252,1	779,5	2555,6	8826,9
<b>2011</b>	2617,6	995,3	2959,6	553,8	1,4	26,8	0,0	0,0	0,8	1538,9	285,0	649,0	9628,3
<b>2012</b>	3406,6	767,5	1191,9	742,9	7,4	2,4	0,0	0,0	3,1	206,5	772,8	936,7	8038,0
<b>2013</b>	2645,2	412,1	808,6	414,5	480,4	1,1	0,0	1,8	130,0	563,1	768,5	2727,2	8952,4
<b>2015</b>	462,7	573,8	3552,6	230,2	140,9	1,6	4,3	0,0	90,8	181,2	1718,4	1592,3	8548,9
<b>2016</b>	3565,7	372,7	1552,2	14,1	36,6	38,7	0,0	57,5	0,8	1027,2	2058,2	1922,4	10646,1
<b>2017</b>	1317,7	814,9	468,7	37,6	355,1	0,1	0,0	0,0	14,5	351,9	2318,8	2379,5	8058,8
<b>2018</b>	3227,6	672,8	170,2	524,4	29,1	0,0	0,0	48,5	52,6	476,0	2892,8	1246,8	9340,8
<b>2019</b>	316,3	1206,8	538,2	924,5	6,8	0,0	0,8	7,6	318,2	168,1	901,1	2779,5	7167,8
<b>EI_geral</b>	2198,2	696,1	1257,9	271,5	84,5	16,6	0,3	15,3	61,1	428,4	1391,9	1934,5	8356,4

Org.: Silva, J. V. F. (2020)