

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE GEOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**JULIANA SOUSA PEREIRA**

**MAPEAMENTO DAS VOÇOROCAS E ANÁLISE DA SUSCEPTIBILIDADE  
EROSIVA NO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA, MG**

**UBERLÂNDIA-MG  
2021**

**JULIANA SOUSA PEREIRA**

**MAPEAMENTO DAS VOÇOROCAS E ANÁLISE DA SUSCEPTIBILIDADE  
EROSIVA NO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA, MG**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do Título de doutora em Geografia.

Linha de Pesquisa: Análise, Planejamento Gestão Ambiental/Geoprocessamento.

Orientador: Prof. Dr. Silvio Carlos Rodrigues

**UBERLÂNDIA-MG**

**2021**

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

---

P436m  
2021      Pereira, Juliana Sousa, 1985-  
            Mapeamento das voçorocas e análise da susceptibilidade erosiva no  
Município de Uberlândia, MG [recurso eletrônico] / Juliana Sousa Pereira.  
- 2021.

            Orientador: Silvio Carlos Rodrigues.  
            Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de  
Pós-Graduação em Geografia.  
            Modo de acesso: Internet.  
            Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2021.5529>  
            Inclui bibliografia.  
            Inclui ilustrações.

            1. Geografia. I. Rodrigues, Silvio Carlos, 1965-, (Orient.). II.  
Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em  
Geografia. III. Título.

---

CDU:910.1

Glória Aparecida  
Bibliotecária - CRB-6/2047



**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:	Tese de Doutorado, Número 211, PPGGEO				
Data:	25 de junho de 2021	Hora de início:	08h:00m	Hora de encerramento:	12h:00m
Matrícula do Discente:	11713GEO006				
Nome do Discente:	JULIANA SOUSA PEREIRA				
Título do Trabalho:	MAPEAMENTO DAS VOÇOROCAS E ANÁLISE DA SUSCEPTIBILIDADE EROSIVA NO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA, MG				
Área de concentração:	GEOGRAFIA E GESTÃO DO TERRITÓRIO				
Linha de pesquisa:	ANÁLISE, PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL/GEOPROCESSAMENTO				
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: Rui Filipe Ferreira Carvalho - UNIVERSITAT DE BARCELONA; Antônio Fábio Sabbá Guimarães Vieira - UFAM - AM; Vanderlei de Oliveira Ferreira - IG-UFU; Leda Correia Pedro Miyazaki - UFU - FACIP e Sílvio Carlos Rodrigues - IG-UFU orientador(a) do(a) candidato(a). Em função da Pandemia (COVID-19), todos os membros participaram de forma on-line.

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr(a). Sílvio Carlos Rodrigues - 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 Doutora.

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 **Sílvio Carlos Rodrigues, Professor(a) do Magistério Superior**, em 25/06/2021, às 11:25, 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 **Vanderlei de Oliveira Ferreira, Professor(a) do Magistério Superior**, em 25/06/2021, às 11:30, 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 **Leda Correia Pedro Miyazaki, Professor(a) do Magistério Superior**, em 25/06/2021, às 11:31, 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 **Rui Filipe Ferreira de Carvalho, Usuário Externo**, em 25/06/2021, às 14:22, 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 **Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira, Usuário Externo**, em 25/06/2021, às 19:22, 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 **2842572** e o código CRC **F5A17088**.

*Dedico este trabalho à minha família, pilar da  
minha formação e incentivadora das realizações  
dos meus sonhos.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida e por sua infinita graça. Ao divino Espírito Santo que se fez presente em muitos momentos de angústias e crises existenciais.

Agradeço ao meu querido orientador Prof. Dr. Silvio Carlos Rodrigues, um grande pesquisador e ser humano incrível, que com todo o seu comprometimento tem inspirado a mim e a tantos outros colegas geógrafos. Serei eternamente grata por todas as nossas conversas, e sobretudo pela oportunidade de estar sob a sua tutela desde a minha primeira iniciação científica em 2009.

Agradeço ao meu amado esposo Alessandro, que de maneira tão compreensiva soube me motivar nessa jornada tão solitária que é a redação de uma tese. Esta pesquisa foi possível através do seu suporte. Obrigada meu amor!

Agradeço ao meu pai Antônio Gilberto (*in memoriam*) pelo amor e zelo, especialmente por fazer a minha infância muito feliz. Agradeço a minha mãe Jane pelo amor e carinho e por sempre estar ao meu lado me ensinando a reerguer frente as adversidades da vida. Agradeço também a minha irmã Ana Flávia, por apoiar meus sonhos e projetos e por ser a minha melhor amiga.

Agradeço aos meus queridos avós Ranulpho e Orevalda por me ensinarem a trilhar o caminho da ética, da fé e da integridade, vocês são a minha inspiração.

Externo a minha gratidão aos meus amigos do LAGES (Laboratório de Geomorfologia e Erosão dos Solos), em especial ao Jean, a Anna Barcelos, ao Carlos Felipe, ao Renato Emanuell, a Lara, ao Jeferson, a Lillian e a Fabiana, pelos agradáveis momentos de convivência e por sempre estarem disponíveis para as minhas dúvidas e questões. Agradeço a todos os colegas de pesquisa que fizeram parte do laboratório em algum momento, o LAGES foi um oportunizador de nossas conquistas e por isso sempre será a nossa referência.

Agradeço a minha querida amiga Juliana Abreu e ao Giliander pelas ajudas com os mapeamentos, são preciosidades que a Geografia me concedeu.

Agradeço a Nádia, ao Aurélio e a Larissa, amigos estimados que a docência me permitiu conhecer, obrigada por fazerem um ambiente de trabalho menos árduo, a presença de vocês sempre alegrou meus dias. Agradeço também ao Eduardo, a Nathália e ao Mário pelas constantes palavras de incentivo e pela amizade.

Agradeço ao Instituto de Geografia pela oportunidade de desenvolvimento desta pesquisa. Agradeço a Profa. Dra. Thallita Isabela e a Profa. Dra. Leda Miyazaki por participarem da defesa do projeto e contribuírem de maneira tão significativa na consolidação da minha pesquisa. Agradeço ao Prof. Dr. Vanderlei de Oliveira Ferreira (UFU) e ao Prof. Dr. Antônio Fábio (UFAM) pelas valiosas dicas durante o processo de qualificação.

Sou muito grata aos componentes da banca de defesa da tese, que de maneira tão prestativa aceitaram o convite e fizeram desta etapa um dos momentos de maior aprendizado vivenciado por mim. Obrigada pelas considerações, observações e conselhos, foi fundamental para o refinamento do meu trabalho.

Finalizo os meus agradecimentos mencionando uma frase inspirada no grande escritor Guimarães Rosa “É junto dos bão que a gente fica mió”. Gratidão a todos vocês que contribuíram para a minha formação, profissional, intelectual e espiritual.

*Tudo era alegria: plantas, animais, insetos e crianças, em esplêndido concerto. Os homens, somente os homens, continuavam a enganar-se e a torturar a si próprios, e aos outros. Somente os homens desprezavam aquilo que era sagrado e supremo: não viam aquela manhã de primavera, nem a beleza divina do mundo, criado para a alegria de todos os seres vivos, e para a todos dispor à união e a paz e ao amor. Para eles só era importante e sagrado aquilo que haviam inventado para instrumento de mútuo engano e tortura (Tolstói p. 17).*

## RESUMO

As voçorocas são feições permanentes na paisagem e responsáveis pelo aporte expressivo de sedimentos nos canais fluviais, no sopé dos taludes e nos reservatórios para exploração hídrica. Independentemente da ação antrópica, esses processos de desagregação e transporte compreendem a dinâmica natural de morfogênese das vertentes. No entanto, a noção de impacto acarretado e da degradação estão pautados na intensidade de atuação desses processos frente aos usos dos solos e a capacidade de resiliência dos ambientes. Considerando essa problemática, este trabalho apresenta um estudo acerca da erosão dos solos por voçorocamento no município de Uberlândia – Minas Gerais. Objetivou-se entender como as pesquisas voltadas para esta tônica têm sido desenvolvidas nos diferentes programas de pós-graduação brasileiros, mapear as feições erosivas estabelecidas, identificar os condicionantes influentes e analisar a susceptibilidade do município frente à erosão pluvial. Para alcançar tais objetivos foi realizada a fundamentação teórica, a caracterização da área de estudo, o emprego de técnicas bibliométricas, aplicação de técnicas de interpretação visual das imagens do *Google Earth* e a análise multicritério juntamente com a álgebra de mapas para a caracterização dos graus de susceptibilidade erosiva. A integração dos condicionantes interferentes na erosão dos solos em ambiente SIG possibilitou a atribuição de pesos e a elaboração de um Mapa de Susceptibilidade a voçorocas, que foi validado pelas ocorrências dessas feições identificadas na área de estudo. As classes de média susceptibilidade são predominantes, compreendendo 61,21% da área em compartimento associado às baixas declividades, baixos índices de dissecação do relevo, estabelecidas em terrenos basálticos e caracterizados pelos Nitossolos Vermelhos, Latossolos Vermelhos e Latossolos Vermelhos-Amarelos. As classes de susceptibilidade alta (26,12%) e muito alta (0,27%) estão inseridas maiormente na unidade geomorfológicas do *Canyon* do Rio Araguari e Planalto Dissecado do Tijuco de acordo com as suas características fisiográficas. O perímetro urbano também apresentou susceptibilidade muito alta, remetendo a necessidade do estabelecimento de ferramentas de planejamento urbano e ordenamento territorial com vistas a diminuição dos danos acarretados pelas voçorocas. As ações que visem a mitigação e a gestão das bacias hidrográficas, tanto em áreas rurais quanto urbanas, também necessitam de maior efetividade, especialmente no que tange aos usos e ocupação dos solos.

**Palavras-chave:** Voçorocas, Bibliometria, Vertentes, Uberlândia, Susceptibilidade Erosiva.

## ABSTRACT

The gullies are permanent features in the landscape and responsible for the expressive contribution of sediments in the river channels, at the base of the slopes and in the reservoirs for water exploration. Regardless of the anthropic action, these processes of disintegration and transport comprise the natural dynamics of slope morphogenesis. However, the notion of impact and degradation is based on the intensity of action of these processes against land use and the resilience of the environments. Considering this issue, this work presents a study on soil erosion by gullies in the municipality of Uberlândia - Minas Gerais. The aim was to understand how research focused on this topic has been developed in different Brazilian graduate programs, mapping the erosive features established, identify the influencing conditions and analyze the municipality's susceptibility to rainfall erosion. In order to achieve these objectives, the theoretical foundation was carried out, the characterization of the study area, the use of bibliometric techniques, the application of visual interpretation techniques in the images of Google Earth and the multicriteria analysis together with the algebra of maps for the characterization of the degrees of erosive susceptibility. The integration of conditions that interfere with soil erosion in a GIS environment allowed the attribution of weights and the elaboration of a Susceptibility Map to gullies, which was validated by the occurrences of these features identified in the study area. Medium susceptibility classes are predominant comprising 61.21% of the compartment area associated with low slopes, low relief dissection rates, established in basaltic terrains and characterized by Red Nitosols, Red Latosols and Red-Yellow Latosols. The classes of high (26.12%) and very high (0.27%) susceptibility are mostly inserted in the geomorphological units of the Canyon do Rio Araguari and Planalto Dissecado do Tijuco according to their physiographic characteristics. The urban perimeter also presented a very high susceptibility, referring to the need to establish urban planning and territorial planning tools with a view to reducing the damage caused by gullies. Actions aimed at mitigating and managing watersheds in both rural and urban areas also need greater effectiveness, especially with regard to land use and occupation.

**Key words:** Gullies, Bibliometry, Slopes, Uberlândia, Erosive Susceptibility.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- <i>Canyon</i> do Rio Araguari.....	39
Figura 2 - Beleza cênica do <i>Canyon</i> do rio Araguari.....	40
Figura 3 - Planalto Dissecado do Tijuco.....	42
Figura 4 - Voçorocas localizadas no Planalto Dissecado do Tijuco.....	44
Figura 5 - Planalto Tabular próximo ao Rio Uberabinha (Setor Sul do município de Uberlândia).....	46
Figura 6 - Área de Reserva Legal no <i>Canyon</i> do Rio Araguari.....	52
Figura 7 - Áreas de pastagens no <i>Canyon</i> do Rio Araguari.....	52
Figura 8 - Fruticultura de banana nas proximidades do <i>Canyon</i> do Araguari - Fazenda Saudade.....	53
Figura 9 - Cultivo do milho, área de Cerrado Preservada (Reserva Legal).....	54
Figura 10 - Vereda localizada no Planalto Tabular.....	55
Figura 11 - Silvicultura de Eucalipto no Planalto Tabular.....	56
Figura 12 - Nuvem de palavras.....	129
Figura 13 - Análise de Similitude entre os títulos das Teses e Dissertações desenvolvidos nos programas de pós-graduação em Geografia.....	132
Figura 14 - Vista parcial de voçoroca estabelecida na bacia do Ribeirão Douradinho, Uberlândia-MG.....	165
Figura 15 - Concentração de voçorocas próximas as estradas não pavimentadas.....	166
Figura 16 - Voçorocas utilizadas para depósitos de pneus inservíveis.....	167
Figura 17 - Resquílios de materiais oriundos da incineração de pneus nas voçorocas.....	168
Figura 18 - Voçorocas com paredes alargadas em formato alveolar.....	169
Figura 19 - Voçorocas com padrão linear, localizadas no Planalto Dissecado do Tijuco.....	170
Figura 20 - Presença de sulco e alcova de regressão em área degradada no município de Uberlândia – Córrego dos Macacos.....	171

Figura 21- Evidências de quedas de blocos em voçoroca (Ribeirão Douradinho).....	171
Figura 22 - Presença de <i>Demoiselles</i> (Pedestais) no interior de voçorocas.....	172
Figura 23 - Presença de pipes na parede da voçoroca.....	173
Figura 24 - Pipes localizados nas paredes de diferentes voçorocas no Planalto Dissecado do Tijuco.....	173
Figura 25 - Voçoroca estabelecida na proximidade da BR 365, próximo a KM 658.....	175
Figura 26 - Voçoroca na Fazenda Experimental do Glória (UFU).....	176
Figura 27- Rompimento de tanques destinados à piscicultura (Fazenda Experimental do Glória).....	177
Figura 28 - Voçoroca estabelecida no Córrego Campo Alegre – Setor Sul da cidade de Uberlândia.....	178
Figura 29 - Fendilhamento do solo, quedas de blocos e formação de bancada de sedimentos – Voçoroca estabelecida no córrego Campo Alegre.....	179
Figura 30 - Intensificação dos processos erosivos na cabeceira do córrego Buritis no intervalo de 16 anos (2004 e 2020).....	180
Figura 31- Ravinas estabelecidas no <i>Canyon</i> do Rio Araguari.....	181

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Usos do solo no município de Uberlândia, ano 2020.....	150
Gráfico 2- Distribuição das instituições universitárias e as publicações científicas.....	121
Gráfico 3- Distribuição das Teses e Dissertações por ano de publicação.....	123
Gráfico 4- Distribuição das Teses e Dissertações por Programa de Pós-Graduação.....	124
Gráfico 5- Distribuição das classes de susceptibilidade no município de Uberlândia.....	160

## LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Localização da área de estudo.....	29
Mapa 2 - Geologia do município de Uberlândia.....	32
Mapa 3 - Geomorfologia do município de Uberlândia.....	38
Mapa 4 - Hipsometria do município de Uberlândia.....	41
Mapa 5 - Declividade da área do município de Uberlândia.....	43
Mapa 6 - Tipos Pedológicos do município de Uberlândia.....	48
Mapa 7 - Usos do solo no município de Uberlândia.....	51
Mapa 8 - Mapas Temáticos das variáveis consideradas na análise da susceptibilidade erosiva.....	161
Mapa 9 - Susceptibilidade erosiva para o município de Uberlândia.....	163

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Classificação das voçorocas.....	89
Quadro 2- Síntese das principais definições de voçorocas.....	93
Quadro 3- Programas de pós-graduação com perspectiva ambiental.....	130
Quadro 4- Notas estabelecidas para os componentes da legenda dos mapas.....	151
Quadro 5 - Atribuição de notas a litologia do município de Uberlândia.....	152
Quadro 6- Índice de dissecação do relevo e classes de susceptibilidade erosiva para o município de Uberlândia.....	155
Quadro 7- Atribuição de notas às classes de erodibilidade no município de Uberlândia.....	156
Quadro 8 - Pesos atribuídos às diferentes classes de usos do solo .....	157

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Evolução do número de Teses e Dissertações sobre a temática erosão dos solos por voçorocas, defendidas nas universidades brasileiras, entre 2009 e 2019.....	119
Tabela 2 - Frequência das palavras chaves nos trabalhos de Geografia.....	133
Tabela 3 - Curvatura das vertentes e classes de susceptibilidade erosiva para o município de Uberlândia.....	154
Tabela 4 - Estações pluviométricas utilizadas para o cálculo da erosividade das chuvas.....	156

## **LISTA DE ORGANOGRAMAS**

Organograma 1 - Procedimentos técnicos-operacionais gerais.....	71
Organograma 2 - Procedimentos técnicos-operacionais Bibliometria.....	117
Organograma 3 - Procedimentos para elaboração do mapa de susceptibilidade erosiva.....	159

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP – Área de Preservação Permanente

AE - Análise Espacial

AM - Amazonas

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CODEMIG- Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

GRC - Global Research Council

IAC – Instituto Agrônomo de Campinas

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IEF – Instituto Federal de Florestas

IPT- Instituto de Pesquisas Tecnológicas

IRAMUTEQ - Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires

LAGES – Laboratório de Geomorfologia e Erosão dos Solos

LCRH - Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos

MDEs - Modelos Digitais de Elevação

MEC - Ministério da Educação e Cultura

POLOCENTRO – Programa de Desenvolvimento dos Cerrados

PRODECER - Programa de Cooperação Nipo-Brasileira de Desenvolvimento dos Cerrados

SIBCS - Sistema Brasileiro de Classificação de Solos

SIGs – Sistema de Informações Geográficas

SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza

SP – São Paulo

UGB – União da Geomorfologia Brasileira

UNIEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis

UFMS - Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

UFRR - Fundação Universidade Federal de Roraima

UFS - Fundação Universidade Federal de Sergipe

PUC/Minas Gerais - Pontifícia Universidade Católica de Minas

PUC/Rio - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro  
UNB - Universidade de Brasília  
USP - Universidade de São Paulo  
Esalq/USP - Universidade de São Paulo/Escola Sup. de Agricultura Luiz de Queiroz  
UNESP - Universidade Est. Paulista Júlio de Mesquita Filho  
UEG - Universidade Estadual de Goiás  
UEM - Universidade Estadual de Maringá  
UNIMONTES - Universidade Estadual de Montes Claros  
UEPG - Universidade Estadual de Ponta Grossa  
UECE - Universidade Estadual do Ceará  
UEMA - Universidade Estadual do Maranhão  
UNIOESTE - Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
UFBA - Universidade Federal da Bahia  
UFPB - Universidade Federal da Paraíba (Areia)  
UFCG - Universidade Federal de Campina Grande  
UFG - Universidade Federal de Goiás  
UNIFEI - Universidade Federal de Itajubá  
UFLA - Universidade Federal de Lavras  
UFMT - Universidade Federal de Mato Grosso  
UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais  
UFOP - Universidade Federal de Ouro Preto  
UFPE - Universidade Federal de Pernambuco  
UFRO - Universidade Federal de Rondônia  
UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina  
UFSM - Universidade Federal de Santa Maria  
UFSCar - Universidade Federal de São Carlos  
UFU - Universidade Federal de Uberlândia  
UFV - Universidade Federal de Viçosa  
UFAM - Universidade Federal do Amazonas  
UFC - Universidade Federal do Ceará  
UFPA - Universidade Federal do Pará  
UFPR - Universidade Federal do Paraná

UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UFVJM - Universidade Federal Dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco

UFRRJ - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

USA - United States of America

USGS - United States Geological Survey

USLE - Universal Soil Loss Erosion

VANT - Veículo Aéreo Não Tripulado

## SUMÁRIO

NOTAS INTRODUTÓRIAS .....	19
Justificativa.....	20
Problemática .....	21
Hipótese.....	23
Objetivos.....	23
Estrutura da tese.....	24
Referências .....	25
CAPÍTULO I.....	28
Aspectos Físicos do Município de Uberlândia – MG.....	28
1.1 Localização da área de estudo .....	28
1.2 Unidades Geológicas .....	31
1.3 Unidades Geomorfológicas .....	37
1.4 Tipos Pedológicos.....	47
1.5 Usos dos Solos.....	50
1.6 Considerações Finais .....	56
Referências .....	57
CAPÍTULO II.....	64
Caminhos da Pesquisa: Métodos e Técnicas .....	64
Introdução.....	64
2.1 Elaboração dos Produtos Cartográficos.....	66
2.1.1 Mapa de localização.....	66
2.1.2 Mapa Geológico.....	66
2.1.3 Mapa Geomorfológico.....	66
2.1.4 Mapas de Declividade e Hipsometria.....	68
2.1.5 Mapa Pedológico.....	68
2.1.6 Mapa de Usos do Solo.....	69
2.1.7 Mapa de Susceptibilidade a Erosão por Voçorocas.....	69
2.1.8 Mapa de distribuição das voçorocas no município de Uberlândia.....	70
Referências .....	72
CAPÍTULO III .....	74
Erosão Por Voçorocas: Estado da Arte.....	74
Introdução.....	75
3.1 Erosão dos Solos.....	78

3.2 Processos Hidrológicos na Vertente .....	82
3.3 Tipos de Erosão do Solo .....	84
3.4 Morfogênese da Voçoroca .....	90
3.4.1 Evolução de sulcos, ravinas e cicatrizes .....	91
3.5 Considerações Finais .....	95
Referências .....	96
CAPÍTULO IV .....	107
Estudos Sobre Voçorocas: Uma Avaliação da Produção Científica Brasileira (2009/2019)	107
Introdução .....	108
4.1 Revisão de Conceitos .....	110
4.2 Procedimentos Operacionais e Metodológicos .....	115
4.3 Resultados e Discussões .....	117
4.3.1 Produção Científica na Ciência Agrônômica e Ciência Geográfica .....	123
4.4 Considerações Finais .....	135
Referências .....	137
CAPÍTULO V .....	145
Mapeamento de Áreas Susceptíveis à Erosão por Voçorocas no Município de Uberlândia, Minas Gerais .....	145
Introdução .....	146
5.1 Levantamento Bibliográfico .....	147
5.2 Procedimentos Metodológicos .....	149
5.3 Resultados e Discussões .....	160
5.3.1 Análise da Susceptibilidade Erosiva para o Município de Uberlândia .....	160
5.3.2 Distribuição das voçorocas no município de Uberlândia .....	165
5.4 Considerações Finais .....	181
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	191

---

## NOTAS INTRODUTÓRIAS

---

*“Não serei o poeta de um mundo caduco  
Também não cantarei o mundo futuro  
Estou preso à vida e olho meus companheiros  
Estão taciturnos, mas nutrem grandes esperanças.  
Entre eles, considero a enorme realidade  
O presente é tão grande, não nos afastemos  
Não nos afastemos muito, vamos de mãos dadas”*  
(Carlos Drummond, 2012, p. 53).

Desde os primórdios da humanidade a sociedade procura de várias formas obter o maior aproveitamento dos recursos naturais. Não obstante, foi com o advento das técnicas modernas que a natureza se tornou subjugada aos interesses humanos com a finalidade de alcançar maior produtividade, sem grandes preocupações ambientais. Assim, muitas áreas foram devastadas pela ampliação da malha urbana, da fronteira agrícola e pela expansão das atividades agropecuárias. Confirmando a ação antrópica como um agente impulsionador do desequilíbrio na paisagem.

A degradação ambiental, seja pela contaminação por agrotóxicos ou, pela aceleração da erosão pluvial e as decorrentes implicações desses processos, comprometem a funcionalidade da paisagem evidenciando que o manejo incorreto e o não respeito aos limites impostos pela natureza podem desencadear vários impactos em espaços rurais e urbanos. Nesse contexto, a erosão dos solos tem protagonizado os processos de esculturação das formas no relevo nos ambientes tropicais. Estes, muitas vezes vocacionados para a agricultura e pecuária extensiva, tornam-se mais susceptíveis a ação das chuvas torrenciais.

A erosão dos solos é um fenômeno natural de morfogênese das vertentes, entretanto em determinados ambientes, a evolução dos processos erosivos pode ser acelerada pelas características naturais e também pela ação antrópica. Diante das diversas alterações no espaço geográfico, faz-se necessário na compreensão da dinâmica ambiental, entender o comportamento dos elementos de formação da paisagem, entendendo, também, o desenvolvimento dos processos erosivos naturais ou acelerados pelas atividades humanas, como a pecuária, a agricultura, o desmatamento, a construção civil, dentre outros.

As conseqüentes perdas de solo tendem a aumentar as despesas de produção, pois demandam cada vez mais corretivos e fertilizantes. Dependendo do estágio de evolução da erosão, os custos para mitigação de tal feição podem ser elevados, visto que reduzem o rendimento operacional das máquinas, inserindo gastos de práticas para controlá-las (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012).

Em áreas urbanas as voçorocas causam grandes transtornos para a população e custos significativos para o poder municipal. Nas áreas rurais, esse conjunto de fatores resulta na redução do potencial produtivo do solo, significando, além disso, a diminuição do valor da terra.

Diante da conjuntura supracitada é imprescindível o desenvolvimento de pesquisas voltadas para a compreensão da gênese e da dinâmica dos processos erosivos, especialmente por voçorocas, sendo fundamental a elaboração de um banco de dados que possibilite um eficiente diagnóstico ambiental. No qual o uso de imagens de satélites, além de configurar na maneira mais efetiva e econômica de aquisição de dados necessários à gestão do território, possibilita também o conhecimento autêntico do meio físico (MENGATTO JUNIOR e SILVA, 2014).

No âmbito da utilização de SIGs e entendimento da evolução das paisagens a modelagem ambiental tem sido uma grande aliada juntamente com a adoção de metodologias que permitem a visão integrada das variáveis fisiográficas, bem como a construção de cenários, fundamentais nas avaliações de prognósticos e diagnósticos, instrumentos essenciais no planejamento e ordenamento territorial.

## **JUSTIFICATIVA**

A ocorrência de feições lineares no município de Uberlândia e a ausência de estudos atuais voltados para a análise da morfodinâmica das vertentes, com ênfase na quantificação e espacialização de voçorocas, análise dos condicionantes e a identificação das classes de susceptibilidade erosiva foram os principais aspectos que justificaram a realização desta investigação.

Tais estudos embasam a compreensão da evolução das paisagens geográficas, para o controle da erosão, além de serem fundamentais nas ações de planejamento e gestão do território. Neste contexto, este trabalho colaborará com os órgãos gestores, por meio da indicação das áreas susceptíveis à erosão por voçorocamento, da quantidade de voçorocas existentes no município, bem como a localização e os fatores naturais mais influentes no surgimento dessas feições.

Até meados da década de 80, poucos trabalhos voltados para essa temática foram desenvolvidos nessa região, podemos citar o pioneirismo da pesquisa de Baccaro (1989, 1990 e 1994). A pesquisadora inventariou as feições erosivas no município de Uberlândia e realizou o cruzamento dos dados relacionados com a declividade, unidades de relevo e litologia, impetrando assim, uma caracterização por categorias de erosão discriminadas em susceptível,

moderada e acelerada. Além da análise de susceptibilidade, a pesquisa engendrou a proposição de medidas preventivas e de controle, norteadas para a compreensão dos processos erosivos, mapeamento de risco e entendimento do escoamento superficial.

Após esse período, não foram realizados monitoramentos dessa natureza e grandeza escalar, tornando-se necessária a retomada de investigações voltadas para esse tema, com a finalidade de compreender a evolução da dinâmica erosiva. Assim, este trabalho propôs uma adaptação metodológica das pesquisas voltadas para potencialidade à erosão laminar desenvolvidas por Salomão (1999) e dos estudos de Crepani *et al.* (2001) sobre a vulnerabilidade natural à perda de solos, culminando numa proposta direcionada aos estudos de susceptibilidade à erosão linear, especificamente por voçorocas.

## **PROBLEMÁTICA**

A ocorrência de processos de erosão linear é um fenômeno que requer atenção por parte dos pesquisadores, uma vez que, o rompimento do equilíbrio hidrogeomorfológico das vertentes ocasiona diversos impactos negativos, como o aumento da disponibilização de sedimentos nos fundos de vales, juntamente com o aumento da vulnerabilidade das áreas urbanas e diversos outros problemas sociais, econômicos e ambientais. Quando as causas do desencadeamento dos processos erosivos são conhecidas e mapeadas é possível disponibilizar essas informações e consequentemente vislumbrar as ações efetivas voltadas para o planejamento ambiental.

Os jornais locais noticiam a ocorrência de erosões em diferentes períodos, no município de Uberlândia, demonstrando o aumento dos riscos e os transtornos gerados para a população local, principalmente quando esses processos evoluem em direção às vias pavimentadas e as casas (Correio de Uberlândia, 2016; G1, 2015, 2016, 2018; Tudo em Dia, 2018).

Silva *et al.*, (2004) identificaram voçorocas localizadas no Ribeirão Douradinho, Córrego Bons Olhos e Córrego Congonhal. Para os autores, essas feições possuem processos de origem análogos, relacionados com a fragilidade dos solos em áreas de cabeceira de drenagem e que foram destinadas para a deposição de rejeitos oriundos das áreas urbanas.

Alves (2007) realizou o monitoramento da dinâmica erosiva na microbacia do Córrego do Glória, em Uberlândia. Desde então, os pesquisadores Abreu *et al.*, (2010); Serato e Rodrigues (2010); Silva (2010); Biulchi (2012); Pereira e Rodrigues (2012); Pereira Junior (2013), Machado, Confessor e Rodrigues (2014); Danelon (2015) e Confessor (2019) desenvolveram

estudos na área relacionados à análise morfométrica das feições, densidade da cobertura vegetal, escoamento superficial, qualidade da água, contenção de sedimentos, revegetação, entre dentre vários outros, com a finalidade de compreender a evolução dos processos em áreas de Cerrado.

Vrieling *et al.* (2007), ao propor e testar metodologias para o mapeamento qualitativo da erosão com a utilização de imagens de satélite identificou erosão lineares no município de Uberlândia alegando que a utilização dos dados espaciais é fundamental na proposição de estratégias de conservação do solo.

Giffoni (2010) confirma a presença de voçorocas no município de Uberlândia e enfatiza a relevância que os conhecimentos geomorfológicos e geotécnicos englobam ao possibilitar a compreensão dos sistemas ambientais estudados. Silva; Evangelista e Gomes (2015) observaram que as feições erosivas na microbacia do Córrego do Óleo estão presentes nas paisagens urbanas e rurais.

Pereira e Pedrosa (2015) fundamentados nos estudos de Baccaro (1994), também discutiram acerca da dinâmica geomorfológica da região e da evolução da erosão linear nas encostas, ressaltando que o estabelecimento das voçorocas na paisagem está relacionado à variabilidade da declividade nas áreas de chapadas em contato com o relevo dissecado.

Os estudos citados denotam a significância da temática abordada, contudo, não estão relacionados e integrados a um banco de dados comum, impossibilitando a visão espacial das formas. O trabalho busca através do mapeamento e cadastro das voçorocas entender mais sobre a fragilidade das vertentes e as possíveis causas dos impactos gerados, possibilitando o agrupamento de informações que contribuam para a elaboração do diagnóstico ambiental voltado para compreensão da dinâmica da paisagem frente à evolução erosiva.

Assim, o estudo pretende mapear a ocorrência de voçorocas no Município de Uberlândia, Minas Gerais, objetivando uma melhor visualização dos estágios erosivos nas áreas rurais e urbanas, bem como o estabelecimento de um banco de dados capaz de subsidiar as políticas públicas e também as ações privadas que propendam à diminuição das perdas de solos e dos processos de assoreamento dos corpos hídricos, identificando também as áreas com maior susceptibilidade erosiva.

O Município de Uberlândia está inserido em uma área de distinta compartimentação geomorfológica, suporte de uma variabilidade de solos e de fitofisionomias de Cerrado, com o emprego de diferentes usos da terra, elementos que tornam esta pesquisa representativa,

contribuindo para o entendimento da dinâmica erosiva em áreas com relativa heterogeneidade ambiental. Nessa perspectiva, pretende-se colaborar para o avanço do entendimento da evolução da paisagem, em nível regional, valendo-se de pesquisas anteriores e subsidiando pesquisas futuras.

## **HIPÓTESE**

Acredita-se, que por meio da adaptação das metodologias de Salomão (1999) e de Crepani *et al.* (2001), numa perspectiva de análise multicritério, seja possível o estabelecimento de uma nova proposta de estudos sobre susceptibilidade erosiva linear, valendo-se da identificação de voçorocas como forma de testar a confiabilidade do mapeamento empregado para o município de Uberlândia, Minas Gerais.

## **OBJETIVOS**

### *Objetivo Geral*

Mapear a susceptibilidade erosiva e identificar por meio de imagens de satélites as voçorocas existentes no município de Uberlândia, com o intuito de facilitar a integração das informações ambientais e subsidiar o planejamento rural e urbano. E, mediante essa abordagem regional, compreender a distribuição espacial dessas feições na paisagem.

### *Objetivos Específicos*

- ✓ Avaliar a produção científica brasileira sobre erosão em voçorocas por meio de teses e dissertações publicadas entre 2009 e 2019.
- ✓ Elaborar os mapas de Geologia, Geomorfologia, Declividade, Hipsometria, Pedologia e de Usos dos Solos para a área de estudo;
- ✓ Elaborar uma carta de erosão para o município de Uberlândia;
- ✓ Identificar as áreas mais susceptíveis ao desenvolvimento de voçorocas;
- ✓ Analisar a distribuição espacial das voçorocas no município de Uberlândia;

## **ESTRUTURA DA TESE**

Considerando os objetivos da pesquisa e os resultados alcançados, essa tese está estruturada em uma nota introdutória e cinco capítulos configurados em forma de artigo, contendo todos os elementos essenciais.

A parte introdutória da tese traz uma contextualização da temática, com o levantamento dos impactos acarretados pelos processos erosivos avançados. Elucidando também a importância do desenvolvimento de pesquisas voltadas para a compreensão da gênese e dinâmica erosiva, bem como, a construção de um banco de dados destinado às ações de planejamento e conservação dos solos. É nesta unidade que estão noticiados os problemas da erosão por voçorocamento no município de Uberlândia, comprovado por publicações científicas e matérias escritas em jornais locais. Os objetivos do trabalho também são ponderados aqui.

O primeiro capítulo corresponde a caracterização da área de estudo, contemplando os aspectos geológicos, geomorfológicos, climáticos, pedológicos e de usos do solo. Este capítulo é a base para o entendimento das feições erosivas no município de Uberlândia, uma vez que, permite a compreensão das interrelações entre os elementos fisiográficos com o estabelecimento dos processos de voçorocamento.

O segundo capítulo demonstra de maneira sucinta os procedimentos técnicos operacionais realizados para a confecção dos mapas e dos outros artigos. Devido à própria configuração da tese, muitos dos procedimentos metodológicos estão didaticamente descritos em seus capítulos correspondentes.

O terceiro capítulo diz respeito ao estado da arte da erosão por voçorocas. É um artigo com enfoque teórico, fundamentado na análise interpretativa dos conceitos. O texto expositivo suscita às discussões relacionadas às concepções sobre a erosão dos solos por voçorocamento com ênfase nos processos morfogenéticos e aspectos morfológicos.

O quarto capítulo, nomeado “Estudos sobre voçorocas: uma avaliação da produção científica brasileira (2009/2019)”, caracteriza o panorama da produção científica em erosão dos solos por voçorocas a partir dos resumos de teses e dissertações publicadas por pesquisadores no Brasil. O trabalho almejou contribuir para a consolidação de um banco de dados, além de identificar os atores institucionais responsáveis pelas discussões acerca da temática.

O quinto capítulo faz referência a análise de susceptibilidade erosiva por meio da análise multicritério e álgebra de mapas e também a identificação das voçorocas na área de estudo através das imagens disponibilizadas pelo *Google Earth*.

Por fim é apresentada as considerações finais, uma síntese a respeito da proposta da tese, contendo as respostas aos questionamentos e as conclusões acerca da temática abordada ao longo do trabalho de doutoramento.

## REFERÊNCIAS

ABREU, C. F. R. *et al.*, Análise de Vazão e Sedimentos em Área de Voçoroca na Fazenda Experimental do Glória no Município de Uberlândia (MG). Simpósio Nacional de Geomorfologia. 8, 2010, Recife, PE, **Anais**, 2010, não paginado. Disponível em: <http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/8/1/10.pdf> Acesso em: 05 de maio. 2018.

ALVES, R. R. **Monitoramento dos Processos Erosivos e da Dinâmica Hidrológica e de Sedimento de uma Voçoroca**: estudo de caso na Fazenda do Glória na zona rural de Uberlândia-MG. 2007, 106. f. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. Disponível em: [http://www.ppgeo.ig.ufu.br/sites/ppgeo.ig.ufu.br/files/Anexos/Bookpage/Anexos\\_RicardoReis.pdf](http://www.ppgeo.ig.ufu.br/sites/ppgeo.ig.ufu.br/files/Anexos/Bookpage/Anexos_RicardoReis.pdf) Acesso em: 16 de abril. 2018.

Após chuvas, cratera se abre no Bairro Cidade Jardim em Uberlândia. **G1**, Uberlândia, 14 mar. 2016. Triângulo Mineiro na TV. Disponível em: <http://g1.globo.com/minas-gerais/triangulo-mineiro/noticia/2016/03/cratera-se-abre-em-rua-do-cidade-jardim-apos-chuvas-em-uberlandia.html> Acesso em: 05 de maio. 2018.

Audiência pública debate soluções para erosão na LMG-749 em Uberlândia. **G1**, Uberlândia, 21 fev. 2018. Triângulo Mineiro na TV. Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/triangulo-mineiro/noticia/audiencia-publica-debate-solucoes-para-erosao-na-lmg-749-em-uberlandia.ghtml> \Acesso em: 07 de maio. 2018.

BACCARO, C. A. D. *et al.* Mapa Geomorfológico do Triângulo Mineiro: Uma abordagem Morfoestrutural-Escultural. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v.13, n 25, p 115-127, 2001. Disponível em: [http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/29958/pdf\\_152](http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/29958/pdf_152) Acesso em: 16 de abril. 2018.

BACCARO, C. A. D. *et al.*, Mapeamento Geomorfológico da Bacia do Rio Araguari. In: LIMA, S. do C.; SANTOS, R. J. (Org.) **Gestão Ambiental da bacia do Rio Araguari** – Rumo ao

Desenvolvimento Sustentável. Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia / Instituto de Geografia; Brasília: CNPq, 2004. p. 01 – 19.

BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 8ª edição. São Paulo: Ícone, 2012, 335 p.

BIULCHI, D. F. **Uso de leguminosas arbóreas no controle da evolução de voçoroca no Domínio do Cerrado**. 2012. 279 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geografia. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/15952/1/UsoLeguminosasArboreas.pdf> Acesso em: 25 mai. 2020.

CONFESSOR, J. G. **Avaliação de processos erosivos hídricos em diferentes usos agrícolas, utilizando simulador de chuvas no ambiente de cerrado**. 2019. 187 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019. Disponível em <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/24312/1/AvaliacaoProcessosErosivos.pdf> Acesso em: 25 mai. 2020.

Erosão próxima a casas em bairro de Uberlândia preocupa moradores. **G1**, Uberlândia, 28 maio. 2015. Triângulo Mineiro na TV. Disponível em: <http://g1.globo.com/minas-gerais/triangulo-mineiro/noticia/2015/05/erosao-proxima-casas-em-bairro-de-uberlandia-preocupa-moradores.html> Acesso em: 07 de maio. 2018.

Erosão preocupa moradores do bairro Maria Rezende em Uberlândia. **Tudo em Dia**, Uberlândia, 1 fev. 2018. Disponível em: <https://www.tudoemdia.com/2018/02/erosao-preocupa-moradores-das-proximidades-do-corrego-do-lobo/> Acesso em: 07 de maio. 2018.

GIFFONI, S.N. **Caracterização Comportamental das Feições Erosivas na Bacia do Córrego Campo Alegre com Base nos estudos Geológico-Geotécnico – Perímetro Urbano de Uberlândia**. 2010, 138.f. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14147/1/CaracterizacaoComportamentalFeicoes.pdf> Acesso em: 10 de abril. 2018.

MACHADO, D. F. T.; CONFESSOR, J. G.; RODRIGUES, S. C. Processo inicial de recuperação de área degradada a partir de intervenções físicas e utilização de leguminosas **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, vol. 24, núm. 1, 2014, p. 42-54, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3332/333231477004.pdf> Acesso em: 25 out. 2020.

MENGATTO JUNIOR; SILVA. Imagens de alta resolução (rapideye) para elaboração de mapas para planejamento e gerenciamento: estrada parque do Pantanal, MS. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 5, 2014, Campo Grande, **Anais**, 2014. P 513-522. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1000753/1/rapideye.pdf> Acesso em: 12 de abril. 2018.

---

## CAPÍTULO I

---

*A liberdade, Sancho, é um dos dons mais preciosos, que aos homens deram os céus: não se lhe podem igualar os tesouros que há na terra, nem os que o mar encobre; pela liberdade, da mesma forma que pela honra, se deve arriscar a vida, e, pelo contrário, o cativo é o maior mal que pode acudir aos homens (Miguel de Cervantes, 2016)*

### ASPECTOS FÍSICOS DO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA – MG

**Resumo:** A sequência evolutiva das formas passa pela perspectiva da dinâmica dos processos e evidencia que todos os elementos estão dispostos na paisagem de maneira interligada, contribuindo para a contínua e complexa modelagem das vertentes. Com a intenção de compreender as possíveis influências dos componentes ambientais no estabelecimento das voçorocas, bem como no condicionamento de maior ou menor susceptibilidade erosiva em diferentes unidades do relevo, pretendeu-se, com esse capítulo, apresentar os aspectos físico-naturais do município de Uberlândia, Minas Gerais, sopesando o embasamento geológico, a compartimentação geomorfológica, as características, climáticas, pedológicas e os usos do solo na região.

**Palavras-Chave:** Paisagem, Vertente, Uberlândia, Unidade, Município.

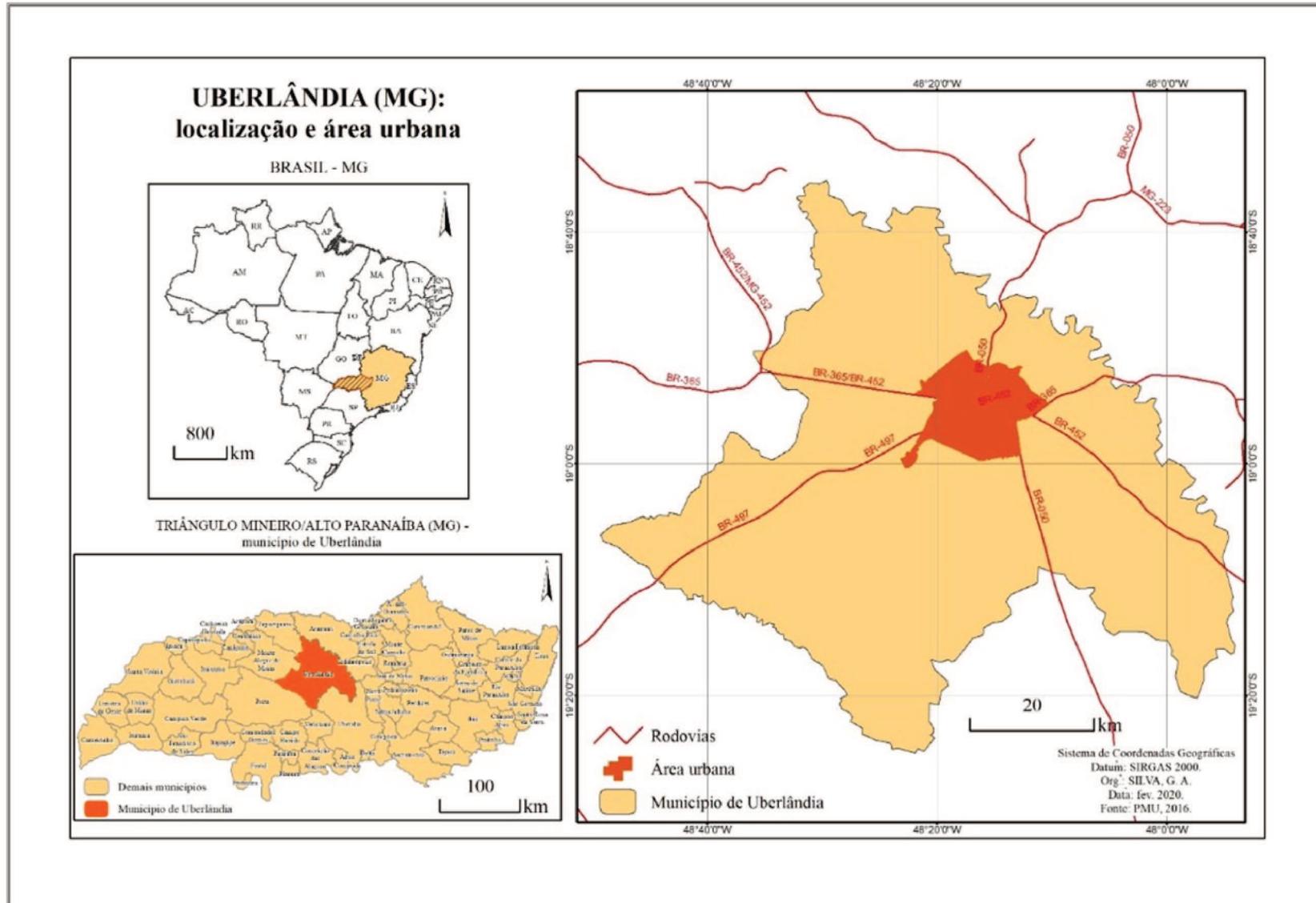
**Abstract:** The evolutionary sequence of the forms goes through the perspective of the dynamics of the processes and shows that all the elements are arranged in the landscape in an interconnected way, contributing to the continuous and complex modeling of the slopes. Intending to understand the possible influences of environmental components in the establishment of gullies, as well as in the conditioning of greater or lesser erosive susceptibility in different relief units, this chapter intended to present the physical-natural aspects of the municipality of Uberlândia, Minas Gerais, weighing the geological foundation, the geomorphological compartmentation, the characteristics, climatic, pedological and land uses in the region.

**Key-Words:** Landscape, Slope, Uberlândia, Unit, Municipality.

#### 1.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo contempla todo o município de Uberlândia, situado no Planalto de Uberlândia-Araguari, localizado no Triângulo Mineiro, em Minas Gerais. É limitado ao norte pelos municípios de Tupaciguara e Araguari, ao leste por Indianópolis, ao sul pelos municípios Prata, Veríssimo e Uberaba, e ao oeste por Monte Alegre de Minas (Mapa 1).

Mapa 1- Localização da área de estudo



O município ocupa uma área com cerca de 4.115,206 Km<sup>2</sup>, com altitude média de 863 metros em relação ao nível do mar (IBGE, 2019). A localização é estratégica, com aproximadamente 600 km de distância dos grandes centros urbanos do país, como São Paulo, Brasília e Belo Horizonte.

Segundo informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população estimada no ano de 2020 era de 699.097 pessoas e a densidade demográfica de 146,78 hab./Km<sup>2</sup> (IBGE, 2020).

A economia é baseada nas atividades industriais, no agronegócio, no comércio atacadista e na prestação de serviços (BRITO; PRUDENTE, 2005). Rosa (2014) elucida que a categoria de atacado e varejo correspondem parte significativa das empresas do Setor Terciário de Uberlândia, contando com mais de 80% do número de estabelecimentos na cidade (IBGE, 2010). Configurando-se também como importantes criadores de emprego e renda (ROSA, 2014).

Em relação aos aspectos climáticos, o município é classificado como Aw segundo a classificação realizada por Köppen (1936). A estação chuvosa corresponde aos meses de outubro a março. O período de estiagem restringe-se aos meses de abril a setembro, sendo o primeiro trimestre do ano considerado o mais chuvoso (LEITE; MENDES, 2017; MENDES, 2001; MENDES; LIMA, 2011; PETRUCCI, 2018).

Petrucci (2018), valendo-se dos dados climatológicos disponibilizados pelo Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos (LCRH) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), elucida que a precipitação média anual o município é de 1.507 mm e a temperatura média anual é de 22,4°C. Nos meses mais frios, compreendendo junho e julho, a temperatura média não ultrapassa os 20°C.

Recentemente, Novais, Brito e Sanches (2018) propuseram um novo sistema de classificação climática para o Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, no qual Uberlândia é classificada como Tropical Semi-seco Meridional dos patamares do chapadão Uberlândia-Uberaba e do planalto de Araxá, com incursões de frentes frias periódicas, e possibilidades de formação de geadas.

A intensidade das chuvas no verão é o principal condicionante do desencadeamento da erosão dos solos em suas variadas formas (BACCARO, 1990). Obviamente, somado a esse fator, existe a relevância participativa dos demais condicionantes (tipos de solos, manejo, cobertura vegetal, relevo, construção de estradas e expansão urbana).

A hidrografia do município faz parte da bacia do rio Paranaíba, com afluentes do rio Araguari e Tijuco, esta bacia apresenta feições erosivas avançadas, demonstradas nos estudos desenvolvidos por Baccaro (1994) e Pereira e Pedrosa (2015).

A área de estudo está inserida no Domínio Morfoclimático do Cerrado, caracterizado pela diversidade fitofisionômica expressa pelas veredas, campo limpo, campo sujo, cerrado, cerradão, mata de várzea, mata galeria e mata mesofítica (BRITO; PRUDENTE, 2005; CARRIJO; BACCARO, 2000).

Todavia, desde os projetos governamentais incentivadores da modernização da agricultura e expansão da fronteira agrícola, como o POLOCENTRO (Programa de Desenvolvimento dos Cerrados) e o PRODECER (Programa de Cooperação Nipo-Brasileira de Desenvolvimento dos Cerrados) estas fitofisionomias tiveram a sua área reduzida em vários estados, sendo substituídas pelas monoculturas, pecuária e urbanização (SILVA, 2000).

## 1.2 UNIDADES GEOLÓGICAS

A área de estudo está inserida na Bacia Sedimentar do Paraná, uma das mais importantes bacias intracratônicas brasileiras, caracterizada pelos grandes derramamentos vulcânicos intercalados com rochas sedimentares (MILANI, 2004; PINTO; VIDOTTI, 2019).

A Bacia Sedimentar do Paraná é uma grande área de sedimentação paleozoica-mesozoica e encontra-se inteiramente inserida na placa sulamericana, caracterizada pelo formato ovalado e alongado na direção NNE-SSO (CPRM, 2010; MILANI, 2004; PINTO; VIDOTTI, 2019).

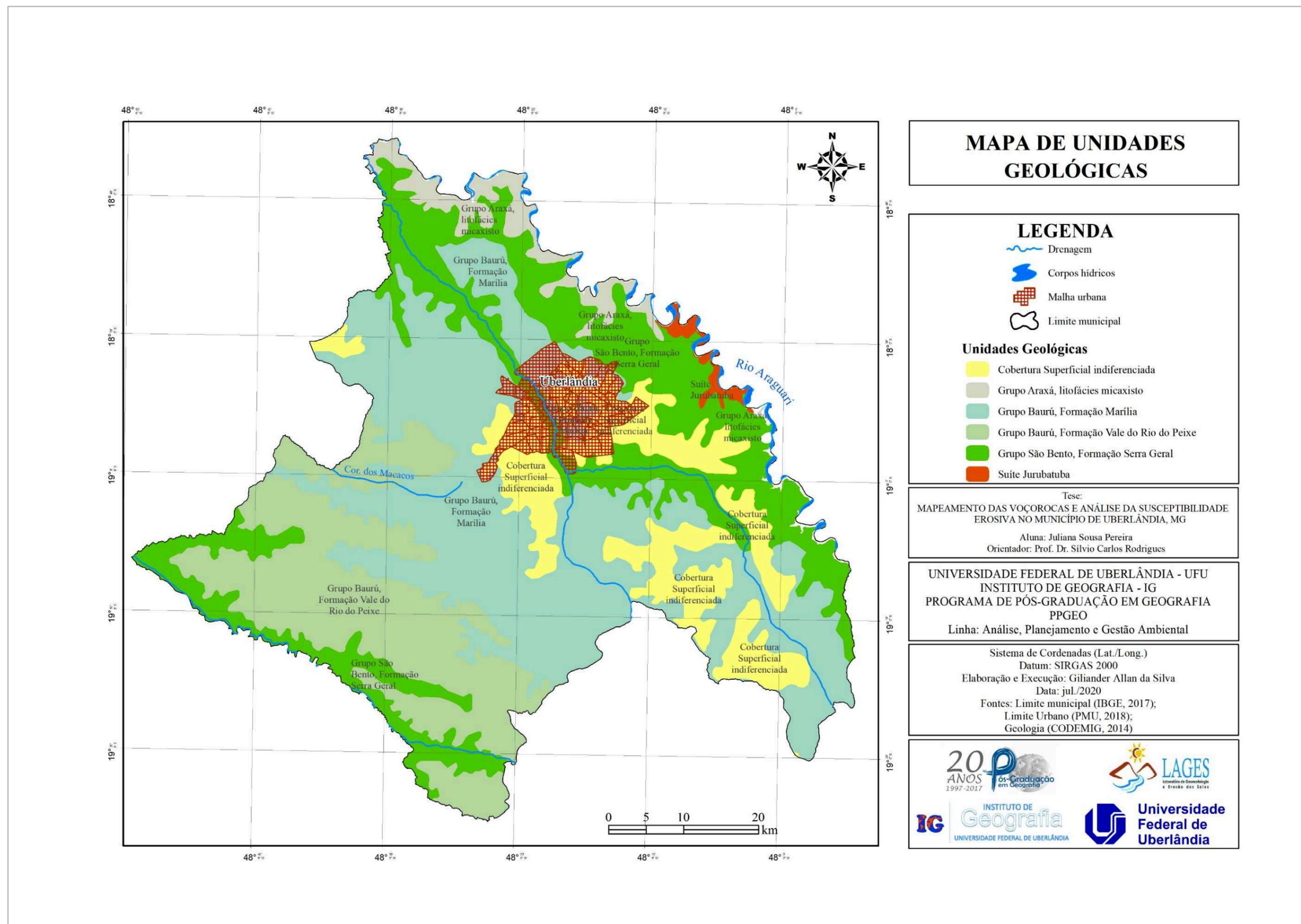
Assentado sobre as rochas Pré-Cambrianas do Grupo Araxá, esse pacote sedimentar é representado pelas litologias de idade Mesozoica, pelos arenitos eólicos da Formação Botucatu, pelos basaltos da Formação Serra Geral e pelas rochas do Grupo Bauru, como as Formações Uberaba, Adamantina<sup>12</sup> e Marília, sobrepostas às rochas basálticas da Formação Serra Geral do Grupo São Bento (MILANI *et al.*, 2007; NISHIYAMA, 1989, ROCHA *et al.*, 2001) (Mapa 2).

---

<sup>1</sup> Soares et al (1980) e Batezelli (2003) utilizam-se da denominação Formação Adamantina em seus estudos.

<sup>2</sup> De acordo com Fernandes e Coimbra (2002) a Formação Adamantina foi mapeada como Formação Vale do Rio do Peixe em um mapeamento mais detalhado. Assim, trata-se de uma opção teórica-metodológica, dependendo do objetivo do trabalho adota-se uma ou outra denominação.

Mapa 2 - Geologia do município de Uberlândia



### *Cobertura Superficial Indiferenciada*

Para a CPRM (2003), Nishiyama (1989) e Rodrigues (2002) a Cobertura Superficial Indiferenciada é constituída de sedimentos arenosos, siltes e leitos de cascalheiras com espessura superior a 10 metros com a predominância de seixos de quartzo, quartzito e basalto, recobrimdo parte do município de Uberlândia.

Os sedimentos geralmente apresentam-se revestidos de um filme de óxido de ferro, possuem diversos níveis com espessura de granulometria variáveis, capeando as rochas mais antigas e ocupando as áreas de Planalto Tabular (RODRIGUES, 2002).

Segundo Nishiyama (1989) a cimentação incipiente dos sedimentos Cenozóicos tem levado a problemas de erosão acelerada dos solos nas áreas de ocorrência. As pesquisas realizadas pelo referido autor resultaram na elaboração de uma carta geológica para o município de Uberlândia na escala de 1:100000.

### *Grupo Araxá*

O Grupo Araxá é formado por um conjunto de metamorfitos de fácies epidoto-anfibolito, composto de micaxistos e quartizitos, com intercalações de anfibolitos (NISHIYAMA, 1989; ROCHA *et al*, 2001). As rochas encontram-se fortemente deformadas, confirmando a ação tectônica em escala regional (NISHIYAMA, 1989). De acordo com Rocha *et al.*, (2001) o nome do grupo foi conferido por Barbosa (1970) durante as pesquisas realizadas nos arredores de Araxá, Minas Gerais.

Na região do Triângulo Mineiro, os afloramentos das rochas do Grupo Araxá apresentam-se mais significativamente no setor norte, circunscritas pelo Rio Araguari, compreendendo desde a barragem da represa de Itumbiara até o sul do município de Araguari (ROCHA *et al.*, 2001).

Nos municípios de Uberlândia e Araguari o alto potencial de erodibilidade resultante do entalhamento do rio Araguari exumou as rochas desse grupo que eram anteriormente recobertas pelas litologias das Formações Botucatu e Serra Geral e pelas rochas do Grupo Bauru (BACCARO *et al*, 2001; NISHIYAMA, 1989; ROCHA *et al*, 2001)

*Grupo Bauru (Formação Vale do Rio do Peixe e Formação Marília)*

O Grupo Bauru é composto pelas formações Uberaba, Vale do Rio do Peixe, Araçatuba, São José do Rio Preto, Presidente Prudente e Marília. Compreende ainda os Analcimitos Taiúva, rochas vulcânicas localmente intercaladas na sequência (FERNANDES; COIMBRA, 2000). Essa unidade geotectônica foi gerada durante o Cretáceo Superior na porção sudeste da Placa Sul Americana em ambientes lacustre, fluvial e aluvial, em clima árido e semiárido e sobreposta parcialmente a Bacia do Paraná (BATEZELLI, *et al.*, 2006, 2010).

No estado de São Paulo, Triângulo Mineiro e norte do Paraná o Grupo Bauru está assentado sobre as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral. E sobreposto a este pacote, encontram-se os Sedimentos Cenozoicos inconsolidados, formando os terrenos de maiores altitudes (FERREIRA, 2005; NISHIYAMA 1989; ROCHA *et al.*, 2001).

Segundo os estudos de Batezelli (2003), Fernandes (2004) e Nishiyama (1989) a Formação Marília corresponde aos sedimentos grossos da parte superior do Grupo Bauru, sobreposta em contato abrupto ora sobre os basaltos da Formação Serra Geral, ora sobre a Formação Adamantina (BATEZELLI, 2010).

É constituída por espessas camadas de arenitos imaturos e assinalada por presença de nódulos e de cimentação carbonática. Essa formação é subdividida em Serra da Galga, Ponte Alta e Echaporã (ALBARELLI, 2013; BARCELOS; SUGUIO 1987, apud FERNANDES, 2004). Sendo que os dois primeiros membros ocorrem fortemente associados (FERNANDES, 2004).

Os sedimentos da Formação Marília afloram em áreas extensas no Triângulo Mineiro, e são delimitados pelos principais rios da região, o Paranaíba, o rio Grande e o rio Araguari (NISHIYAMA, 1989; FERNANDES, 2004). Na vertente do rio Araguari, essa formação está diretamente assentada sobre o basalto da Formação Serra Geral.

Fernandes e Coimbra (2000) e Fernandes (2004) elucidam que o Membro Serra da Galga é constituído por arenitos imaturos, de textura grossa a fina, em sua maioria conglomeráticos com ocorrência na parte superior de espigões regionais ocupando uma extensão significativa a sudeste e noroeste no município de Uberlândia, (NISHIYAMA, 1989).

O Membro Ponte Alta é composto por calcários impuros, fortemente cimentados por carbonato de cálcio, com ocorrência em exposições descontínuas no Triângulo Mineiro, que passa nos arredores de Ponte Nova e a nordeste de Uberaba (FERNANDES, 2004).

O Membro Echaporã é formado de arenitos finos a médios, imaturos, com frações grossas e grânulos em quantidades subordinadas, em especial nas zonas marginais da bacia corresponde a partes distais de leques aluviais, acumuladas por fluxos em lençol (FERNANDES, 2004).

Segundo Albarelli (2013), Fernandes e Coimbra (2000) e Fernandes (2004) a Formação Vale do Rio do Peixe se configura como unidade de maior extensão da parte leste da Bacia Bauru e constitui o substrato de grande parte do oeste do estado de São Paulo e Triângulo Mineiro.

A Formação Vale do Rio do Peixe repousa diretamente sobre as rochas básicas da Formação Serra Geral (FERNANDES, 2004). A sua composição é de arenitos eólicos intercalados com siltitos ou lamitos arenosos, de contatos não ou pouco erosivos, acumulados em extensas áreas planas (FERNANDES; COIMBRA, 2000). Nos vales dos rios ou até mesmo nas voçorocas ocorre a melhor exposição dessa unidade. (NISHIYAMA, 1989).

Nishiyama (1989) elucida que no município de Uberlândia essa formação é representada pelos arenitos de granulação média a grossa com características maciças, aflorando em áreas junto às bacias do Rio Tijuco, Douradinho, Estiva e Córrego da Babilônia e Macacos. Ainda para o autor, encontradas recobertas por espessas camadas de material detrítico de idade cenozoica ou pelos sedimentos da Formação Marília.

Os estudos desenvolvidos por Baccaro (1989, 1990, 1994) e Pereira e Pedrosa (2015) corroboram que o maior número de voçorocas existentes no município de Uberlândia está estabelecido nessa compartimentação geológica, no qual as feições possuem dimensões significativas em tamanho e profundidade, e devido a sua atividade erosiva, rasgam os espessos pacotes de formações superficiais.

#### *Grupo São Bento (Formação Serra Geral)*

O Grupo São Bento é oriundo de um ambiente de deposição desértica constituído pelas Formações Piramboia, Botucatu e derrames basálticos da Formação Serra Geral (LUZ ROCHA, 2014; CPRM, 2010). Na região do Triângulo Mineiro grande parte das rochas dessa formação encontra-se coberta em grande extensão pelas litologias mais recentes do Grupo Bauru ou pelos sedimentos Cenozoicos.

No município de Uberlândia apenas a Formação Serra Geral está mapeada na área de estudo, sendo caracterizada pelas rochas de formação predominante vulcânica e de pequenas lentes de

arenitos intercalados aos derrames, ocupando uma área de mais de um milhão km<sup>2</sup> da Bacia Sedimentar do Paraná em território nacional, estendendo-se para porções dos territórios argentino, paraguaio e uruguaio (NISHIYAMA, 1989).

Esses derrames basálticos continentais de idade mesozoica datam o Cretáceo Inferior (CPRM, 2010; PEREIRA; PEDROSA, 2016). E são caracterizados pela estrutura maciça e vesicular com forte faturamento, esfoliações esferoidais e disjunção colunares (IEF, 2011; PEREIRA; PEDROSA, 2016).

Em Uberlândia, os basaltos da Formação Serra Geral afloram ao longo dos vales do rio Araguari, Uberabinha, Tijuco e Douradinho evidenciando uma transposição pretérita no qual, as camadas sobrejacentes foram esculpidas pela ação erosiva da água expondo o basalto, compondo vales retilíneos e encaixados (BACCARO 1990; NISHIYAMA, 1989).

#### *Suíte Jurubatuba*

O Complexo Goiano denominado também de Suíte Jurubatuba é a designação atribuída a uma sequência de gnaisses, migmatitos, anatexitos, granulitos, entre outros (IEF, 2011, NISHIYAMA, 1989). São considerados as rochas mais antigas da região, nos quais se depositaram os sedimentos que deram origem às rochas metamórficas do Grupo Araxá, Canastra e Bambuí, sendo estes últimos ausentes na área mapeada nos estudos de Nishiyama (1989) para o município de Uberlândia.

No município em questão as litologias desse complexo ocupam uma pequena e estreita faixa, com alto grau de decomposição às margens do rio Araguari. A exumação das rochas é oriunda da ação erosiva do rio Araguari, que provocou o entalhamento de seu vale sobre as rochas sobrejacentes das Formações Botucatu, Serra Geral e do Grupo Bauru, nas Formações Rio do Peixe e Marília (NISHIYAMA, 1989).

### 1.3 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

São poucos os trabalhos voltados para a Cartografia Geomorfológica do município de Uberlândia, até o momento são inexistentes os mapeamentos que espacializam as unidades de relevo na escala de detalhe. Obviamente, quando a escala de trabalho é reduzida ao nível de bacia hidrográfica, o compêndio de publicações voltado para a temática no município é mais abundante.

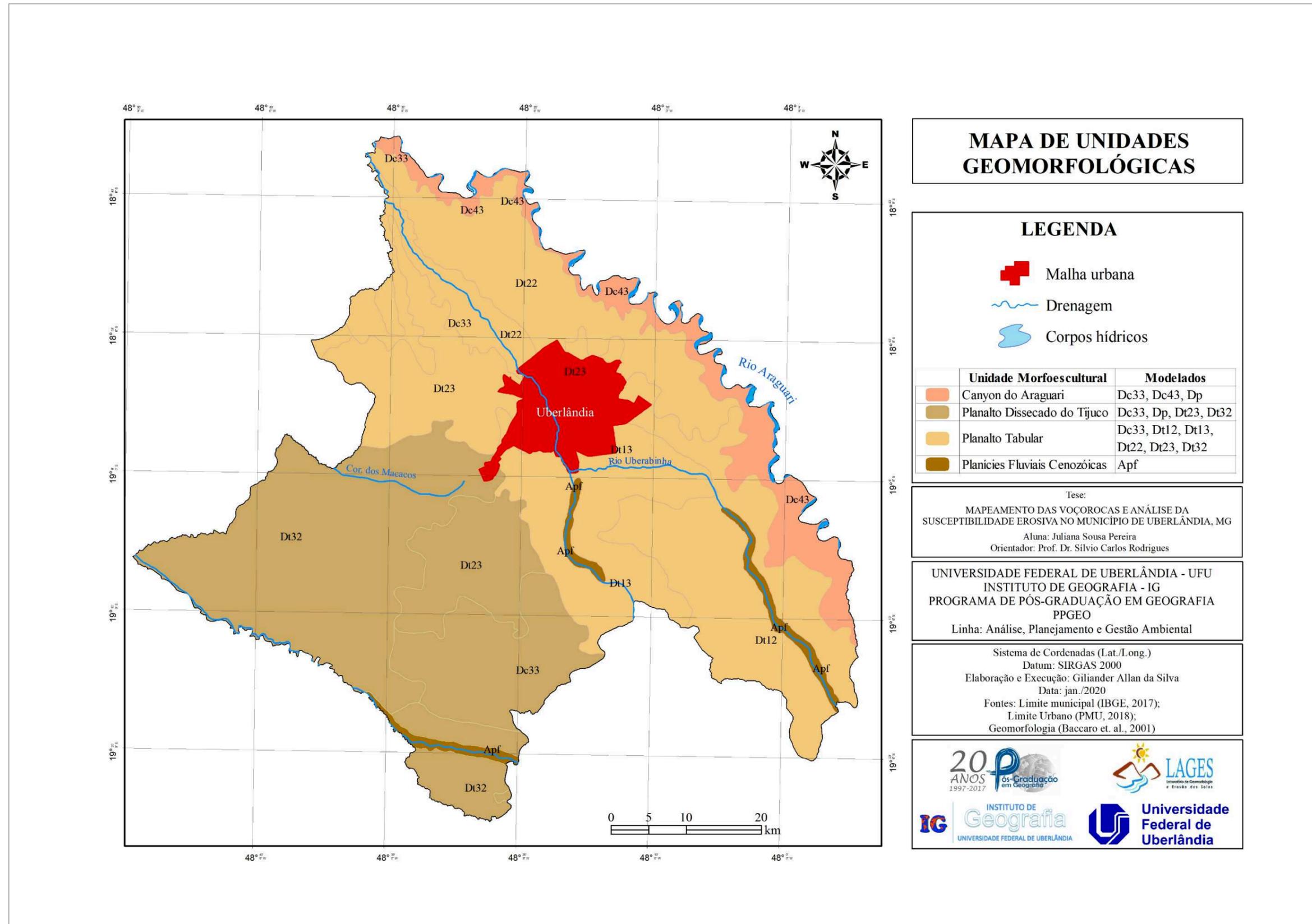
Todavia, os trabalhos sistemáticos realizados para o Triângulo Mineiro pelo RadamBrasil (1983), por Baccaro (1994), Baccaro *et al.*, (2001), Ferreira, Souza e Rodrigues (2003) ainda são os norteadores das pesquisas atuais que envolvem o modelado da região em estudo.

Baccaro (1990) e Baccaro *et al.*, (2001) afirmam que o relevo do Triângulo Mineiro é assinalado por uma diferenciação de compartimentos geomorfológicos oriundos das ações morfogenéticas do Terciário e do Quaternário. Considerando a proposta de Baccaro *et al.*, (2001) e Rocha *et al.*, (2001) cuja concepção metodológica adotada ajusta-se na perspectiva taxonômica proposta por Ross (1992), com abordagem até o 3º táxon. (Mapa 3).

Nessa conjuntura, o mapeamento geomorfológico no município apresenta como Unidades Morfoestruturais: a Bacia Sedimentar do Paraná e as Planícies Fluviais Cenozoicas (1ºTáxon).

As Unidades Morfoesculturais (2ºTáxon) identificadas na Bacia Sedimentar do Paraná são: o *Canyon* do Araguari, o Planalto Dissecado do Tijuco e o Planalto Tabular. Na Morfoestrutura Planícies Fluviais Cenozoicas, são assinaladas as Planícies Fluviais.

Mapa 3- Geomorfologia do município de Uberlândia



### *Canyon do Rio Araguari*

O *canyon* está localizado no baixo curso do rio Araguari e é constituído por rochas do Grupo Araxá e da Formação Serra Geral (Figura 1). Apresenta complexos perfis de vertentes que individualizam essas áreas na paisagem através de rupturas côncavas, segmentos convexos, paredões rochosos e terraços fluviais (BACCARO *et al.*, 2004; FERREIRA, 2005; ROCHA *et al.*, 2001; RODRIGUES; OLIVEIRA, 2007).

**Figura 1-** *Canyon* do Rio Araguari



Foto A e B - Reservatório da Usina de Miranda<sup>3</sup> entre Uberlândia e Indianópolis. **Fonte:** Juliana Sousa Pereira, 2020.

É uma unidade caracterizada morfologicamente pela intensa dissecação do relevo, com vertentes abruptas, vales bem íngremes em forma de “V”, e elevada densidade da drenagem (BACCARO *et al.*, 2004; FERREIRA, 2005; ROCHA *et al.*, 2001; RODRIGUES; OLIVEIRA, 2007)

As altimetrias variam em média de 497 m nas áreas mais rebaixadas, próximas ao curso do rio Araguari e até 971 m nas bordas das chapadas, com dimensão interfluvial entre 750 e 1750m (BACCARO *et al.*, 2001; FERREIRA, 2005; ROCHA *et al.*, 2001) (Mapa 4).

Os padrões de formas semelhantes são do tipo denudacionais de topo convexo, respectivamente Dc33 e Dc43. O entalhamento dos vales varia entre 40 e 80m, de médio a forte, e a dimensão entre 750 e 1750m. Esta unidade geomorfológica além de possibilitar o aproveitamento

<sup>3</sup> A Usina Hidrelétrica de Miranda entrou em operação comercial em 1998, ocupa uma área de 50,61 Km<sup>2</sup>, com parcelas territoriais alagadas dos municípios de Indianópolis, Nova Ponte, Uberaba e Uberlândia. O período de concessão da usina foi até o ano de 2016. Em 2017 foi incorporada ao parque gerador da ENGIE, em leilão do Governo Federal, juntamente com a Usina Hidrelétrica de Jaguará e poderá operar até 2047.

energético através da construção das usinas hidrelétricas, possui um grande valor paisagístico devido a sua singular beleza cênica (Figura 2).

**Figura 2** - Beleza cênica do *Canyon* do rio Araguari

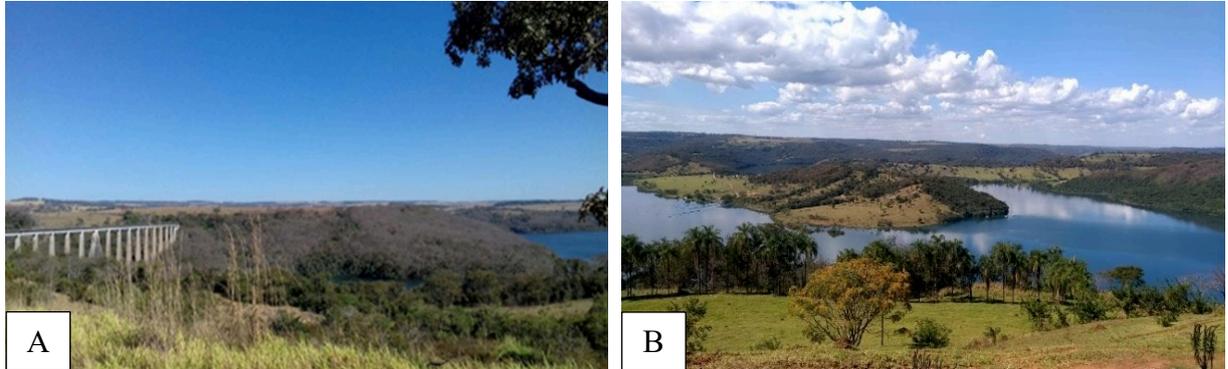


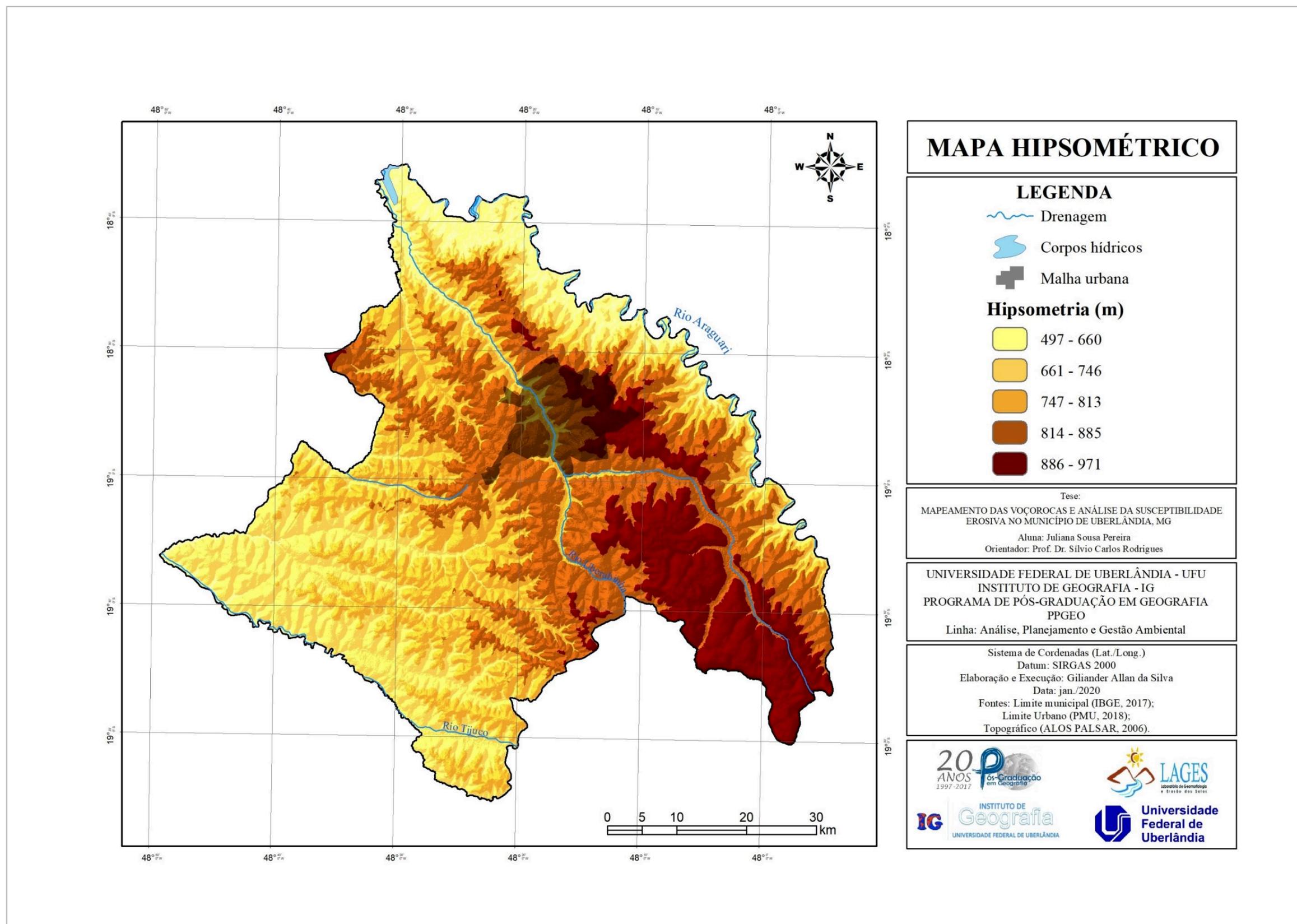
Foto A – Vista do Pontilhão entre Uberlândia e Araguari. Foto B – Mirante nas proximidades do Porto Olaria.

**Fonte:** Juliana Sousa Pereira, 2019.

Devido aos altos índices de dissecação e declividades acentuadas das vertentes, o *Canyon* do rio Araguari exibe uma fragilidade elevada frente aos processos de escorregamentos, deslizamentos, favorecendo também o desenvolvimento da erosão laminar e o surgimento de sulcos e ravinas (FERREIRA, 2005; RODRIGUES; OLIVEIRA, 2007).

No entanto, pelas características intrínsecas a litologia e pedologia, a erosão por voçorocamento é pouco expressiva nessa unidade e pode estar relacionada também à preservação pelas áreas de Preservação permanente (APP), efetividade das práticas conservacionistas, a exemplo das curvas de nível e plantio em contorno observados na área.

Mapa 4 - Hipsometria do município de Uberlândia



### *Planalto Dissecado do Tijuco*

Essa unidade é caracterizada pela bacia hidrográfica do Rio Tijuco que tem a sua nascente na borda da Chapada Uberlândia/Uberaba em altitudes superiores a 800 m. O modelado dominante é o denudacional de topo plano ou tabular com os padrões de formas semelhantes Dt23 e Dt32, remetendo ao grau de entalhamento dos vales de fraco a médio e uma dimensão interfluvial que varia de média a grande (BACCARO *et al.*, 2001; ROCHA *et al.*, 2001) (Figura 3).

As formas denudacionais convexas representada pelo Dc33 são mais ou menos dissecadas, sendo mais intensas em direção aos fundos dos vales (BACCARO *et al.*, 2001; ROCHA *et al.*, 2001).

**Figura 3** - Planalto Dissecado do Tijuco

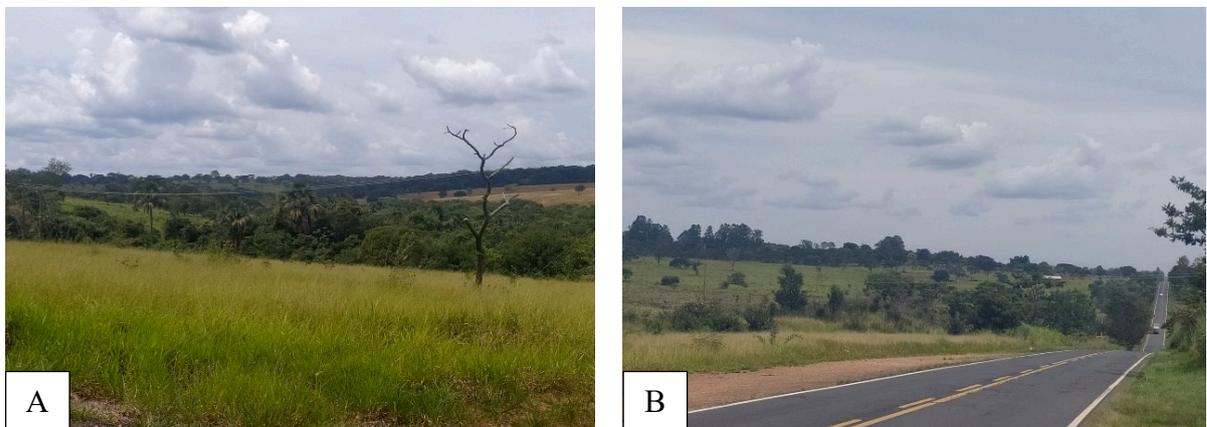
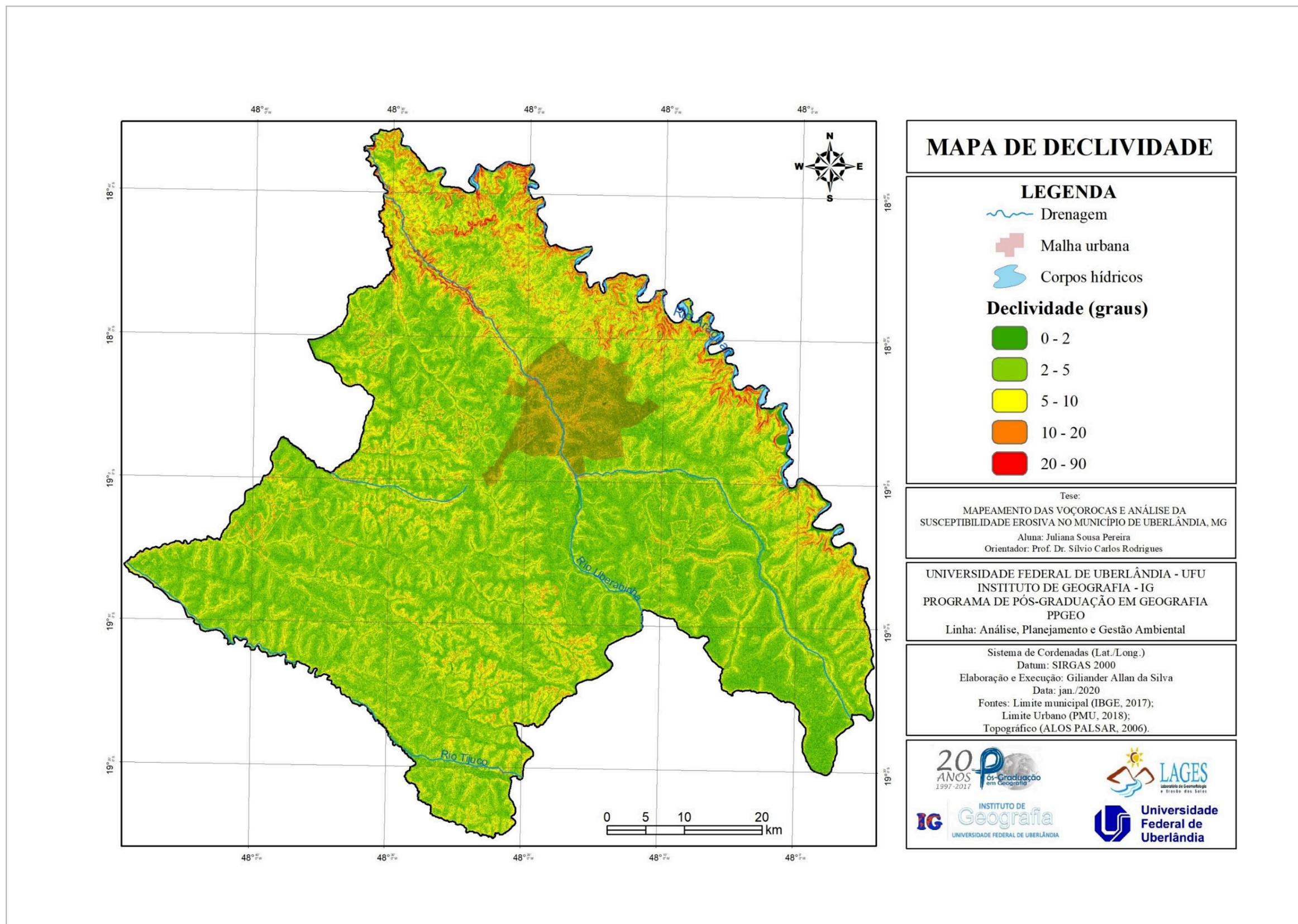


Foto A e B – Margens da Rodovia Uberlândia-Prata, Km 15. **Fonte:** Juliana Sousa Pereira, 2021.

A altimetria dessa unidade está entre 700 e 900 m e as declividades vão de 0° a 10° nas áreas mais suavizadas e de topos planos, e até 20° nas áreas mais dissecadas. O trabalho de dissecção do relevo tem sido realizado pelos cursos dos rios Tijuco e da Prata, devido a erosão e transporte do pacote sedimentar formado durante o Cretáceo (BACCARO *et al.*, 2001) (Mapa 5).

Mapa 5- Declividade da área do município de Uberlândia



Dentre todos os compartimentos de relevo do município esta unidade é a que apresenta a maior quantidade de voçorocas, individualizando a paisagem local devido à degradação dos solos. As voçorocas são de grandes dimensões, alcançando cerca de 690 metros de extensão longitudinal, 221 metros de largura e aproximadamente 15 metros de profundidade. Apresentam-se bifurcadas e com significativa concentração, sobretudo nas bacias hidrográficas do Ribeirão Douradinho, Ribeirão Panga, Estiva, Babilônia e Córrego dos Macacos.

A análise da paisagem demonstra que os impactos ocasionados pela erosão por voçorocamento estão além da esfera ambiental, englobando as esferas social e econômica concomitantemente, especialmente pela diminuição da produtividade agropecuária, pela desvalorização da propriedade rural e inutilização de estradas. Questões que demandam maior atenção do poder público por estarem intimamente relacionadas ao planejamento territorial (Figura 4).

**Figura 4** - Voçorocas localizada no Planalto Dissecado do Tijuco



Imagem de voçorocas presentes no divisor de águas da bacia do Córrego dos Macacos e bacia do Ribeirão Douradinho, Uberlândia - Minas Gerais. **Fonte:** *Google Earth* (Data da Imagem: agosto de 2003).

### *Planalto Tabular*

É o maior compartimento de relevo e também o mais elevado do município de Uberlândia, possui topos amplos, planos e largos, correspondendo aos chapadões de Uberaba-Uberlândia e Araguari, drenados especialmente pelos alto cursos dos rios Uberabinha, Bom Jardim e Tijuco (BACCARO *et al.*, 2001; ROCHA *et al.*, 2001).

O modelado predominante é do tipo denudacional tabular, suavemente ondulado e com baixa densidade de drenagem (BACCARO *et al.*, 2001; FERREIRA, 2005; ROCHA *et al.*, 2001). No qual prevalecem as dimensões interfluviais entre 750 m e maiores que 3.750 m.

A dissecação dos vales fluviais está abaixo de 40 m, representada pelos códigos Dt12, Dt13 e Dt22. As altitudes são superiores a 814 m na maior parte do compartimento e as declividades inferiores a 20°.

Diferentemente desse padrão de formas, o baixo curso do rio Uberabinha apresenta nos vales um relevo dissecado formado sobre basalto, com trechos de corredeiras e *cânions*, os padrões de formas semelhantes são os Dt 22, Dt23 e Dc33 (BACCARO *et al.*, 2001; ROCHA *et al.*, 2001)

O Planalto Tabular é mantido pela Formação Marília que é parcialmente coberta por sedimentos do Cenozoico o relevo de topo plano e bordas abruptas são conservados pela cimentação intensa da rocha (NISHIYAMA, 1989).

Para Baccaro *et al.*, (2001) Ferreira (2005) e Rocha *et al.*, 2001) é o compartimento do relevo mais conservado em relação à erosão remontante realizada pelos principais rios da região. Sobretudo, pela presença do basalto que se configura como um dos elementos limitantes desses processos erosivos (IEF, 2011).

No que diz respeito ao uso e ocupação do solo, a morfologia tabular e suave desse relevo tem favorecido o desenvolvimento das atividades agrícolas, sobretudo pela facilidade de implementação de estruturas de irrigação e mecanização do solo. Entretanto, a atividade agropecuária é bastante usual nessas unidades do relevo, especialmente no aproveitamento da palhada oriunda das culturas de ciclo curto, como a soja, o milho e o sorgo (Figura 5).

**Figura 5** - Planalto Tabular próximo ao Rio Uberabinha (Setor Sul do município de Uberlândia)



**Fonte:** Juliana Sousa Pereira, 2021.

### *Planícies Fluviais Cenozoicas*

De acordo com os estudos de Baccaro *et al.*, (2001) Ferreira (2005) e Rocha *et al.*, 2001) esta unidade corresponde aos depósitos fluviais cenozoicos marginais dos principais cursos hídricos, sendo associadas e localizadas a montante de rupturas estruturais, nos derrames basálticos da Formação Serra Geral.

As formas de acumulação cartografadas (Apf) correspondem às Planícies Fluviais dos rios Tijuco e Uberabinha. Caracterizadas por apresentar superfícies de baixa declividade e poucos desnivelamentos relativos, com notável presença de lagos de barragens, ilhas e formação de bancos de areia, servindo como depósitos aluvionares em épocas de cheia (BACCARO *et al.*, 2001; FERREIRA, 2005; ROCHA, 2001).

## 1.4 TIPOS PEDOLÓGICOS

Os tipos pedológicos predominantes no município de Uberlândia são os Gleissolos Háplicos, os Latossolos Vermelhos, Latossolos Vermelho-Amarelos, Nitossolos Vermelho-Amarelos e os Argissolos Vermelho-Amarelos (SiBCS, 2018) (Mapa 6).

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SiBCS) publicado por Santos *et al.* (2018), os Gleissolos são formados a partir de sedimentos, estratificados ou não, desenvolvem-se em sedimentos recentes em áreas de várzea, em áreas abaciadas e depressões e eventualmente em áreas inclinadas sob influência do afloramento de água subterrânea.

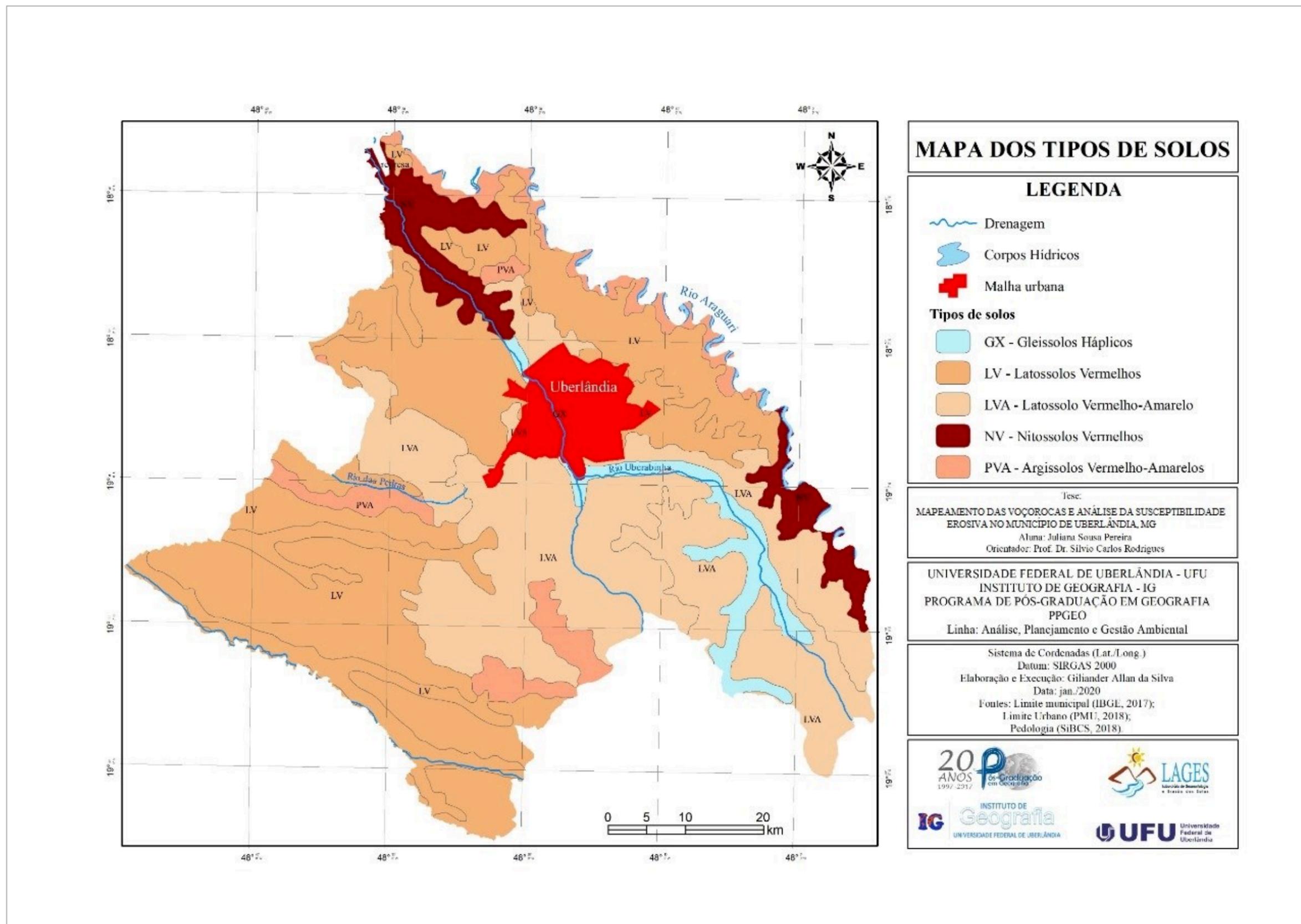
Os Gleissolos consistem em solos minerais, hidromórficos, mal drenados em condições naturais, pois encontram-se permanente ou periodicamente saturados por água, são caracterizados pelo processo de gleização, possuindo o horizonte glei dentro de 50 cm a partir da superfície ou a profundidade maior que 50 cm e menor ou igual a 150 cm, desde que imediatamente abaixo de horizontes A ou E” ou de horizonte hístico com espessura insuficiente para definir a classe dos Organossolos (SiBCS, 2018).

Na classificação dos solos proposta por Santos *et al.*, (2018) o termo “Háplico” faz referência aos solos que não se enquadram nas classes anteriores, como Gleissolos Tiomórficos, Gleissolos Sálidos e Gleissolos Melânicos.

Os tipos de vegetação predominantes sobre esses solos são hidrófila, herbácea, arbustiva ou arbórea. Esses solos carecem de drenagem para serem aproveitados nas atividades agrícolas (LEPSCH, 2010; SiBCS, 2018).

Os Latossolos são solos profundos, evoluídos, caracterizados pelo avançado estágio de intemperização a sua formação na maior parte do território nacional está relacionada a coberturas sedimentares oriundas de diversificadas fontes (IBGE, 2019). Possui a sequência de horizontes A, B, C com pouca variação textural e transições usualmente difusas ou graduais (SiBCS, 2018). A consistência é muito friável, com elevada porosidade e coloração variando de avermelhadas a amareladas, com textura relativamente uniforme em todo perfil, de média a muito argilosa (IBGE, 2019; LEPSCH, 2010; SiBCS, 2018).

Mapa 6- Tipos Pedológicos do município do Uberlândia



Os Latossolos variam de fortemente a bem drenados, embora ocorram solos que têm cores pálidas, de drenagem moderada ou até mesmo insuficiente, o que é indicativo de formação em condições atuais ou pretéritas com um certo grau de gleização (IBGE, 2019; LEPSCH, 2010; SiBCS, 2018). Em aspecto geral, são solos fortemente ácidos, com baixa saturação por bases, distróficos ou alumínicos, constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico antecedido de qualquer tipo de horizonte A dentro de 200 cm a partir da superfície do solo ou dentro de 300 cm se o horizonte A apresenta mais que 150 cm de espessura (SiBCS, 2018).

São típicos das regiões equatoriais e tropicais quentes e úmidos, sendo encontrados também em zonas subtropicais, em amplas e antigas superfícies de erosão, pedimentos ou terraços fluviais antigos. Normalmente estão distribuídos em relevo plano e suave ondulado (SiBCS, 2018). Se configuram os solos de maior representatividade no Brasil, com ocupação de cerca de 300 milhões de hectares, sendo abundantemente aproveitados para as atividades agrícolas (IBGE, 2019; LEPSCH, 2010).

Na área de estudo, em relação ao segundo nível categórico os Latossolos encontrados são os classificados em: Latossolos Vermelhos, com matiz 2,5YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA) e os Latossolos Vermelho-Amarelos, solos de cores vermelho-amareladas e/ou amarelo-avermelhadas que não se enquadram nas classes anteriores (SiBCS, 2018).

Os Nitossolos são solos profundos, muito intemperizados, bem drenados, de coloração variando de vermelha a brunada. Em âmbito geral, são considerados moderadamente ácidos a ácidos, com argila de atividade baixa ou com caráter alumínico conjugado com argila de atividade alta (LEPSCH, 2010; SiBCS, 2018).

Os Nitossolos são grupo de solos constituídos por material mineral, com 350 g kg<sup>-1</sup> ou mais de argila, até mesmo no horizonte A, que possuem horizonte B nítico imediatamente abaixo do horizonte A (SiBCS, 2018). Constituem a classe de solos com textura argilosa ou muito argilosa sem aumento significativo de argila em profundidade, possuindo diferenciação pouco acentuada entre seus horizontes, não obstante apresentam macroagregados nítidos e reluzentes no horizonte B (LEPSCH, 2010). O horizonte B nítico apresenta argila de atividade baixa ou atividade alta conjugada com caráter alumínico, ambos na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA) (SiBCS, 2018). Os Nitossolos Vermelhos existem em todo Brasil, no entanto são mais expressivos na bacia do rio Paraná. Juntamente com os

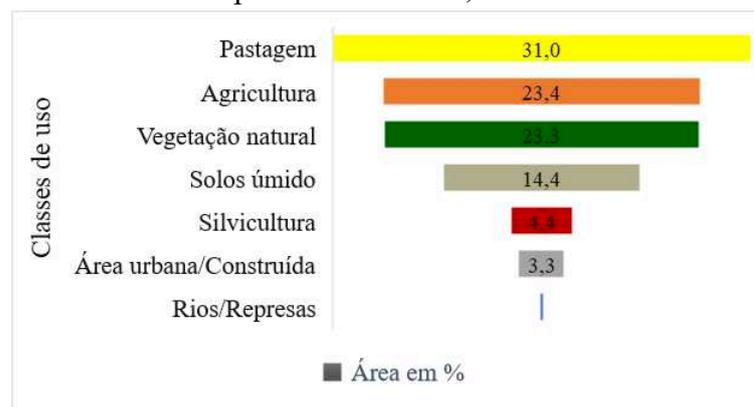
Latossolos correspondem a classes de solos com expressivo valor agrônômico (IBGE, 2019; LEPSCH, 2010).

Os Argissolos são solos heterogêneos, bastante intemperizados, constituídos por material mineral. Apresentam horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com significativa diferenciação entre os horizontes, com o B marcado pelo acúmulo de argila de atividade baixa, ou atividade alta em profundidade, desde que conjugada com saturação por bases baixa ou com caráter alumínico (LEPSCH, 2010; SiBCS, 2018). Os Argissolos possuem profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas e mais raramente brunadas ou acinzentadas. A textura varia de arenosa a argilosa (SiBCS, 2018). São de forte a moderadamente ácidos, com saturação por bases alta ou baixa, predominantemente caulínicos. Em conjunto com os Latossolos a classe dos Argissolos é a mais extensa em território Nacional, ocupando aproximadamente 20% do país (LEPSCH, 2010).

## 1.5 USOS DOS SOLOS

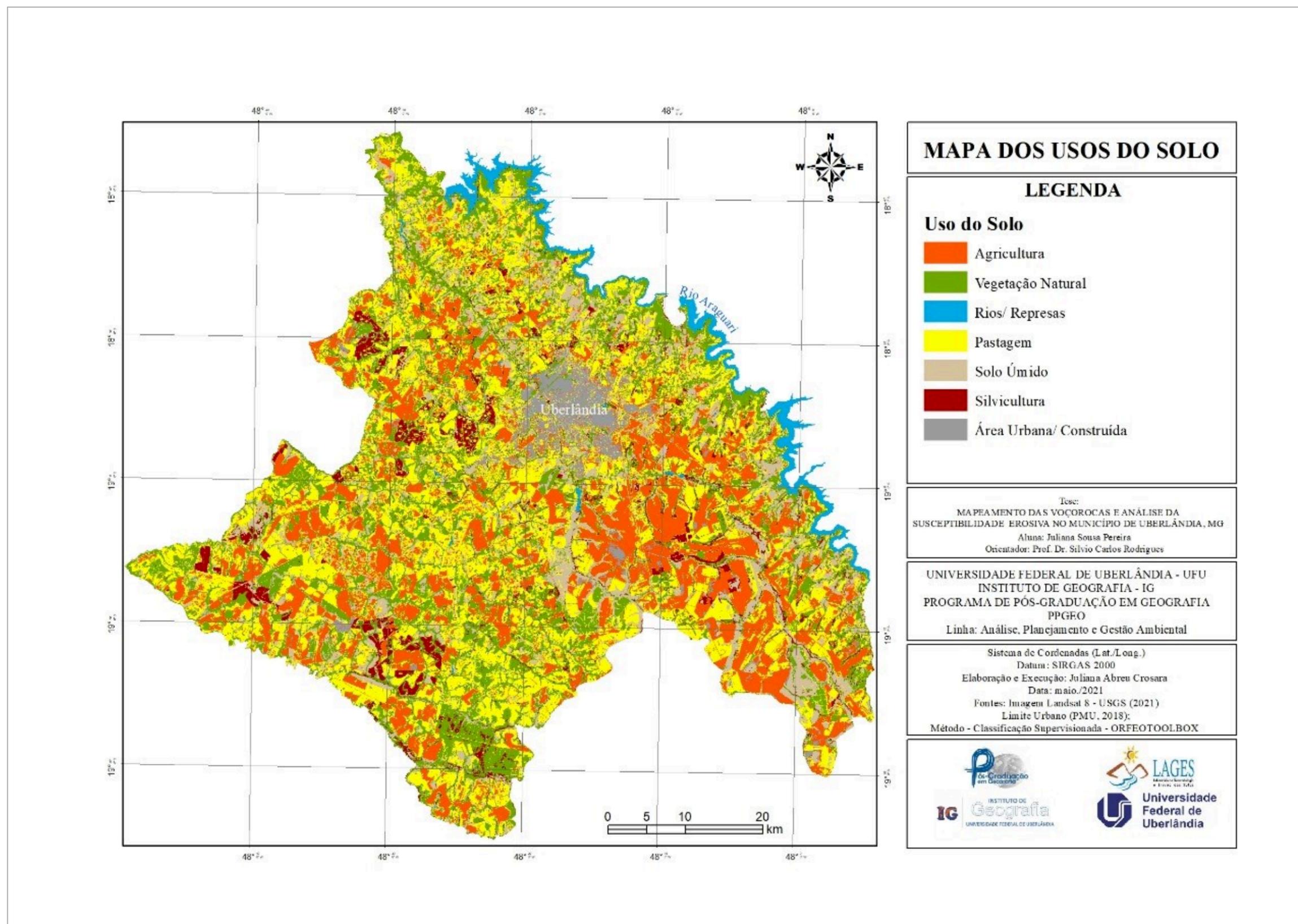
Foram identificadas com o mapeamento dos usos do solo, sete classes, a saber: pastagem, agricultura, vegetação natural, solos úmidos, silvicultura, área urbana, rios e represas (Mapa 7). As áreas destinadas às pastagens (naturais e plantadas) assumem a maior proporção, com ocorrência em todo município, seguida pela agricultura e vegetação natural, padrões identificados no município por Brito e Prudente (2005) e Santos e Petronzio (2011) para os mapeamentos realizados no período de 2002 e 2010 (Gráfico 1).

**Gráfico 1-** Usos do solo no município de Uberlândia, ano 2020



Organizado por Juliana Sousa Pereira, 2021.

Mapa 7- Usos do solo no município de Uberlândia



As diferentes fitofisionomias de Cerrado associadas aos solos bem drenados estão agrupadas em uma única classe nesse estudo e estão localizadas com maior expressividade, nas vertentes com declives mais acentuados, nas APPs, Reserva e Legal e Unidades de Conservação, com a presença de Matas de Galerias, Campos Limpos, Cerrado *strictu sensu* e Cerradão (Figura 6).

**Figura 6-** Área de Reserva Legal no *Canyon* do Rio Araguari

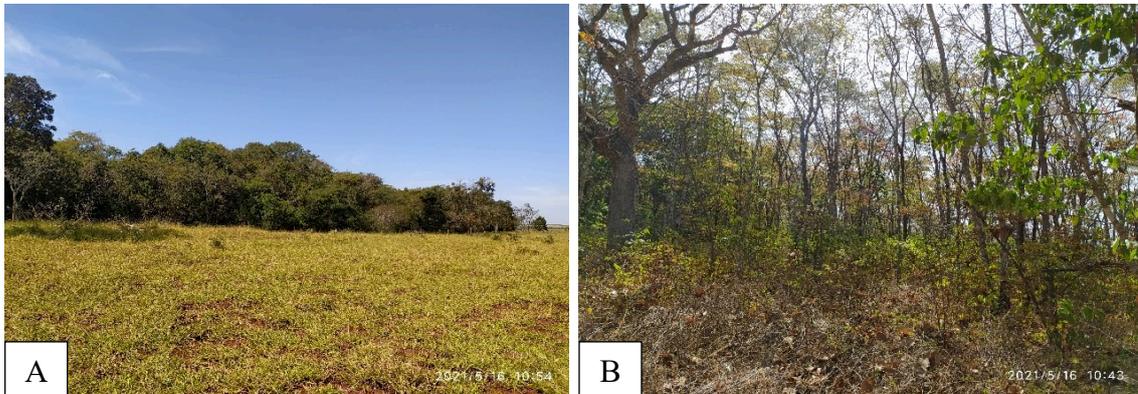


Foto A – Reserva Legal vista do lado de fora. Foto B – Interior da Reserva Legal. Fotos tiradas na Fazenda São Francisco, Lugar denominado Beira Rio em Uberlândia - MG. **Fonte:** Juliana Sousa Pereira, 2021.

As áreas ocupadas por vegetação natural (23,3%) são circundadas pelas áreas de pastagens (31%) e agricultura (23,4%) e estão intimamente relacionadas aos compartimentos geomorfológicos, nos quais o relevo se configura em um elemento facilitador ou não da implementação das atividades. Assim sendo, no compartimento do *Canyon* do rio Araguari foi observado o predomínio da vegetação natural e das pastagens, e também pequenos talhões destinados à fruticultura (Figura 7 e 8).

**Figura 7 -** Áreas de pastagens no *Canyon* do Rio Araguari



Foto A e B - Fazenda São Francisco, lugar denominado Beira Rio. **Fonte:** Juliana Sousa Pereira, 2021.

**Figura 8** - Fruticultura de banana nas proximidades do *Canyon* do Araguari - Fazenda Saude



Fonte: Juliana Sousa Pereira, 2021.

No Planalto Dissecado do Tijuco os usos do solo são designados para a pecuária, sendo as áreas de pastagens em maior proporção que as ocupadas pelos demais usos. É observado conjuntamente que as áreas voltadas para as atividades de cultivo estão estabelecidas em glebas menores.

Na área urbana a vegetação natural margeia os cursos d'água encontrando-se em bosques, parques<sup>4</sup> municipais, com características de proteção integral e de uso sustentável e parques constituídos de reservas ambientais fechadas, não regulamentado pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) (MOREIRA *et al.*, 2011).

Segundo os diagnósticos ambientais efetuados por Brandão e Lima (2002), Campos e Vilela (2008), Oliveira e Rodrigues (2009) e Pavanin *et al.* (2016), a maioria dos cursos hídricos de Uberlândia apresenta algum estágio de degradação vinculado às práticas de manejo e ocupação do solo.

---

<sup>4</sup> Os parques urbanos da cidade de Uberlândia estão subdivididos em três grupos segundo as suas características, a saber: unidades de conservação, áreas protegidas fechadas e áreas protegidas com visitação. Sendo as unidades de conservação estabelecidas de acordo com as diretrizes do (SNUC).

As áreas destinadas à agricultura e à pecuária estão presentes em todas as unidades geomorfológicas, e nesse aspecto as superfícies aplainadas no Planalto Tabular são vocacionadas, sobretudo, ao cultivo de grãos, tanto pela facilidade de mecanização como pela disponibilidade hídrica (Figura 9). É observado também que essas duas classes de uso são as mais presentes nas áreas próximas ao perímetro urbano.

**Figura 9-** Cultivo do milho, área de Cerrado Preservada (Reserva Legal)



Foto tirada nas proximidades da antiga COALBRA (Coque e Álcool da Madeira S.A). **Fonte:** Juliana Sousa Pereira, 2021.

As veredas juntamente com os outros sistemas úmidos foram consideradas em uma classe específica pela dificuldade de precisão apresentada no mapeamento, possuindo maior representatividade no compartimento tabular do relevo, pelas condições que favorecem o acúmulo de água e a formação de microtopografias com a formação dos campos de murundus (MONTEIRO; MENEZES, 2019) (Figura 10). Esses sistemas úmidos também compõem a paisagem do Planalto Dissecado do Tijuco.

**Figura 10** - Vereda localizada no Planalto Tabular



**Fonte:** Banco de dados do Laboratório de Geomorfologia e Erosão de Solos (LAGES), 2010.

Monteiro e Menezes (2019) ao avaliarem o histórico de ocupação das áreas úmidas de chapada do Triângulo Mineiro, entre os municípios de Uberlândia e Uberaba, ressaltaram a redução desses sistemas pela expansão da agricultura. É sopesando o papel dessas áreas no ciclo hidrológico, a preservação da água e do solo, bem como da fauna e flora que os autores enfatizam a necessidade do cumprimento efetivo da legislação direcionada às áreas de APP.

Outra classe notória são os reflorestamentos em todo o município, subdivididos em pequenos e grandes talhões, permeadas pela agricultura, pastagens, vegetação nativa e solo úmido, correspondendo a 4,4% da ocupação do território, distribuídas em relevos planos e também medianamente dissecados com boa disponibilidade hídrica (Figura 11).

De acordo com os estudos de Franco (2002) essa estruturação silvicultural possivelmente representa uma adesão à atividade pelos pequenos e médios produtores. O aproveitamento dessas florestas plantadas, compostas por espécies exóticas como o pinus e o eucalipto destinados à exploração comercial era feito, sobretudo pelas empresas do setor florestal em áreas de plantios maiores que 200 hectares.

**Figura 11** - Silvicultura de Eucalipto no Planalto Tabular



**Fonte:** Juliana Sousa Pereira, 2021.

Os estudos publicados por Franco (2020) e Teixeira e Rodrigues (2021) demonstram que o estado de Minas Gerais possui a maior área destinada à silvicultura do país, com destaque para o Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, responsáveis por 20% da produção mineira. Cenário este que foi possibilitado pela demanda dos produtos florestais, pelos programas de fomento ao reflorestamento atrelados a questão de maior importância que diz respeito a fácil adaptabilidade às condições edafoclimáticas do país.

## **1.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Não há dúvida sobre a significância dessa efetiva participação do Estado na reconfiguração do uso e ocupação das áreas de Cerrado. Colocando as áreas desse domínio submetidas à vocação agropecuária, fundamentada na tecnificação da agricultura inserida no pacote da denominada Revolução Verde, que possibilitou um ganho efetivo na escala de produção de alimentos e o fortalecimento dos Setores Primário e Secundário, especialmente das agroindústrias.

Entretanto, em termos econômicos e guardado as suas devidas proporções, ainda temos o mesmo cenário alusivo ao período colonial, no qual o país ainda continua dependente do mercado das commodities, que representa uma porcentagem significativa do PIB. Atualmente, no município de Uberlândia às áreas de Cerrado preservadas em sua maior parte são constituídas de áreas de Reservas Legal e Áreas de Preservação Permanente.

Nesse cenário é preciso sopesar o crescimento econômico com a preservação ambiental, para de fato alcançar o desenvolvimento pautado nos alicerces da sustentabilidade. Para tanto os diagnósticos ambientais, os mapeamentos de usos do solo, juntamente com às ações direcionadas para educação ambiental e fiscalização efetiva, são instrumentos fundamentais para a preservação dessas fitofisionomias.

A caracterização da área de estudo, mesmo que de maneira sucinta, possibilita uma interpretação da paisagem fundamental para os estudos voltados para a erosão dos solos. Especialmente pela complexidade intrínseca aos processos de desagregação e de transporte dos materiais pelos fluxos hídricos e pela atuação das variáveis ambientais influentes no desencadeamento do fenômeno erosivo em suas variadas formas nas vertentes.

## REFERÊNCIAS

ALBARELLI, D. S. N. **Ambientes deposicionais e caracterização cerâmica da Formação Araçatuba (Bacia Bauru) no Vale do Rio Santo Anastácio, Estado de São Paulo**. 2013. 71 f. Monografia (Geociências) - Departamento de Geologia e Recursos Naturais, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013. Disponível

em: [https://www.google.com/search?q=Ambientes+deposicionais+e+caracteriza%C3%A7%C3%A3o+cer%C3%A2mica+da+Forma%C3%A7%C3%A3o+Ara%C3%A7atuba+\(Bacia+Bauru\)+no+Vale+do+Rio+Santo+Anast%C3%A1cio%2C+Estado+de+S%C3%A3o+Paulo&oq=Ambientes+deposicionais+e+caracteriza%C3%A7%C3%A3o+cer%C3%A2mica+da+Forma%C3%A7%C3%A3o+Ara%C3%A7atuba+\(Bacia+Bauru\)+no+Vale+do+Rio+Santo+Anast%C3%A1cio%2C+Estado+de+S%C3%A3o+Paulo&aqs=chrome.69i59j1105j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=Ambientes+deposicionais+e+caracteriza%C3%A7%C3%A3o+cer%C3%A2mica+da+Forma%C3%A7%C3%A3o+Ara%C3%A7atuba+(Bacia+Bauru)+no+Vale+do+Rio+Santo+Anast%C3%A1cio%2C+Estado+de+S%C3%A3o+Paulo&oq=Ambientes+deposicionais+e+caracteriza%C3%A7%C3%A3o+cer%C3%A2mica+da+Forma%C3%A7%C3%A3o+Ara%C3%A7atuba+(Bacia+Bauru)+no+Vale+do+Rio+Santo+Anast%C3%A1cio%2C+Estado+de+S%C3%A3o+Paulo&aqs=chrome.69i59j1105j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8) Acesso em: 05 de fev. 2021.

BACCARO, C. A. D. **Estudo dos processos geomorfológicos de escoamento pluvial em área de Cerrado- Uberlândia –MG**. 1990, 164. f. Tese de Doutorado (Geografia) Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

BACCARO, C. A. D. As Unidades Geomorfológicas e a Erosão nos Chapadões do Município de Uberlândia (MG). **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, n. 11 e 12, p. 19-34, 1994.

BACCARO, C. A. D. *et al.* Mapeamento Geomorfológico da Bacia do Rio Araguari. In: LIMA, S. do C.; SANTOS, R. J. (Org.) **Gestão Ambiental da bacia do Rio Araguari – Rumo ao Desenvolvimento Sustentável**. Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia / Instituto de Geografia; Brasília: CNPq, 2004. p. 01 – 19.

BACCARO, C. A. D. *et al.* Mapa Geomorfológico do Triângulo Mineiro: Uma abordagem Morfoestrutural-Escultural. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v.13, n 25, p 115-127, 2001. Disponível em:  
[http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/29958/pdf\\_152](http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/29958/pdf_152) . Acesso em: 16 de mar. 2021.

BATEZELLI, A. *et al.*, Análise Estratigráfica Aplicada a Porção Norte e Nordeste da Bacia Bauru (Cretáceo Superior). **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo, v.36, n.2, p. 253-268. jul. 2006. Disponível em:  
<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/9336>. Acesso em: 10 de mar. 2021.

BRANDÃO, S. L.; LIMA, S. C. Diagnóstico ambiental das Áreas de Preservação Permanente (APP), margem esquerda do rio Uberabinha, em Uberlândia (MG). **Caminhos de Geografia**, v.3, n.7, p. 41-62, Out/ 2002. Disponível em:  
<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15299/8598>. Acesso em: 26 de maio, 2021.

BRITO, J. L. S.; PRUDENTE, T. D. Análise Temporal do uso do solo e cobertura vegetal do município de Uberlândia-MG, utilizando imagens ETM+/LANDSAT 7. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 17, n. 32, p. 37- 46, jun. 2005. Disponível em:  
<http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/9164/5633> Acesso em: 10 de mar. 2021.

CAMPOS, P. B. R.; VILELA, M. A. M. A. Identificação de Impactos Ambientais no Setor Sul do Perímetro Urbano do Município de Uberlândia - Minas Gerais. Simpósio Nacional de Geomorfologia. 7, 2008, Belo Horizonte - MG, **Anais**, 2008, não paginado. Disponível em:  
<http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/7/1014.pdf> Acesso em: 26 de maio, 2021.

CARRIJO, B. R., BACCARO, C. A. D. Análise sobre a erosão hídrica na área urbana de Uberlândia (MG). **Caminhos de Geografia**. Uberlândia, v. 1, n. 2, p.70-83, dez/2000. Disponível em:  
<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15254/8555> Acesso em: 12 de fev. 2021.

**CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL**. Geodiversidade do estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2010. 131 p. Disponível em:  
[http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia\\_basica/plgb/ipora/ipora\\_geologia.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia_basica/plgb/ipora/ipora_geologia.pdf) Acesso em: 06 de jan. 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5.ed. Brasília-DF, Embrapa Solos, 2018. 355p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/sibcs> Acesso em: 01 jan. 2021.

FERNANDES, L. A; COIMBRA, A. M. Revisão Estratigráfica da Parte Oriental da Bacia Bauru (Neocretáceo). **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo, v.30, n.4, p. 717-728, dez. 2000. Disponível em: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/10990> Acesso em: 05 de mar. 2021.

FERNANDES, L. A. Mapa Litoestratigráfico da Parte Oriental da Bacia Bauru (PR, SP, MG), Escala 1:1.000.000. **Boletim Paranaense de Geociências**, [S.l.], n. 55, p. 53-66, dez. 2004. Editora UFPR. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/geociencias/article/view/4283> Acesso em: 05 de fev. 2021.

FERREIRA, I. L. **Estudos geomorfológicos em áreas amostrais da Bacia do Rio Araguari-MG: uma abordagem da cartografia geomorfológica**. 2005, 141 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/30706/1/EstudosGeomorfologicosAreas.pdf> Acesso em: 06 de mar. 2020.

FRANCO, C. **A expansão das florestas plantadas no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba**, 2020, 110 f. Dissertação (Mestrado) Instituto de Geografia – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020. Disponível em: [http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/29414/1/Dissertacao\\_Camila\\_Franco\\_.pdf](http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/29414/1/Dissertacao_Camila_Franco_.pdf) Acesso em: 26 de maio, 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), **Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/uberlandia/panorama> Acesso em: 16 de mar. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), **Províncias estruturais, compartimentos de relevo, tipos de solos e regiões fitoecológicas**. Rio de Janeiro, 2019, 179 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101648.pdf> Acesso em: 30 de maio. 2021.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE, **Cerrados**. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomas-brasileiros/cerrado> Acesso em: 06 de maio. 2021.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS. **Plano de Manejo do Parque Estadual do Pau Furado** - Belo Horizonte: IEF, 2011. 656 p. Disponível em: <http://paufurado.blogspot.com/p/biblioteca.html> Acesso em: 16 de jan. 2021.

LEITE, E.S.; MENDES, P. C. O clima a cidade: uma análise dos impactos causados pela ação das chuvas e vendavais na cidade de Uberlândia-MG. Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-graduação em Geografia, 12, 2017, Porto Alegre, RS, **Anais...** 2017, p 1-12. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Eduardo-Leite7/publication/342335164\\_O\\_CLIMA\\_E\\_A\\_CIDADE\\_UMA\\_ANALISE\\_DOS\\_IMPACTOS\\_CAUSADOS\\_PELA\\_ACAO\\_DAS\\_CHUVAS\\_E\\_VENDAIVAS\\_NA\\_CIDADE\\_DE\\_UBERLANDIA-MG/links/5eee1b40299bf1faac66624b/O-CLIMA-E-A-CIDADE-UMA-ANALISE-DOS-IMPACTOS-CAUSADOS-PELA-ACAO-DAS-CHUVAS-E-VENDAIVAS-NA-CIDADE-DE-UBERLANDIA-MG.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Eduardo-Leite7/publication/342335164_O_CLIMA_E_A_CIDADE_UMA_ANALISE_DOS_IMPACTOS_CAUSADOS_PELA_ACAO_DAS_CHUVAS_E_VENDAIVAS_NA_CIDADE_DE_UBERLANDIA-MG/links/5eee1b40299bf1faac66624b/O-CLIMA-E-A-CIDADE-UMA-ANALISE-DOS-IMPACTOS-CAUSADOS-PELA-ACAO-DAS-CHUVAS-E-VENDAIVAS-NA-CIDADE-DE-UBERLANDIA-MG.pdf) Acesso em: 05 de maio. 2020.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. 2ª.ed. Oficina de Texto, São Paulo, 2010. 216p.

LUZ ROCHA, D. Aspectos geográficos e arcabouço geológico do Aquífero Serra Geral, no estado do Paraná. **Geographia Opportuno Tempore**. Londrina, v. 1, número especial, p. 140-152, jul./dez. 2014. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/Geographia/article/view/20286>. Acesso em: 12 de mar. 2021.

MENDES, P. C. **Gênese e estrutura espacial das chuvas na cidade de Uberlândia – MG**. 2001. 258 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2001.

MENDES, P. C.; LIMA, S. C. do. Influência do clima na ocorrência de Triatomíneos Sinantrópicos no município de Uberlândia-MG. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, n.33, v.2, p.5-20, ago./dez.2011. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/1925/1804> Acesso em: 06 de mar. 2021.

MILANI, E.J. Comentários sobre a origem e a evolução tectônica da Bacia do Paraná. In: MANTESSO NETO, V. *Et al.*, (Eds.), **Geologia do Continente SulAmericano**, Beca, Brazil, p. 265-279, 2004. Disponível em: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/58759746/Bacia\\_do\\_Parana\\_-\\_Milani.pdf?1554093461=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DCOMENTARIOS SOBRE A ORIGEM E A EVOLUCAO.pdf&Expires=1620648355&Signature=RD6ojw~RhaolQoZCQVVKQR1O8cAmi5kZUlkyMc0IP0RINKprVDAiOjyKgpQJbL~2TcE1TvkadHlg5Tgj9ljrgvuQE-PT57F7mj5wkIZQyBPjGIYjsPRFeALt~fXjma5IZKlQI8Ls2xz0g4V3K~1SVf7HC-8ibP4KjpagVIiFrRvKB MID-XLaJ7aL9TUyRtPiNU-o-5MPLxOYjsCztIjNtsKe~NPHGph2pioVktDq9gHw82aNpxfx6njAia35cVMbm19jflDmPU8B](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/58759746/Bacia_do_Parana_-_Milani.pdf?1554093461=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DCOMENTARIOS SOBRE A ORIGEM E A EVOLUCAO.pdf&Expires=1620648355&Signature=RD6ojw~RhaolQoZCQVVKQR1O8cAmi5kZUlkyMc0IP0RINKprVDAiOjyKgpQJbL~2TcE1TvkadHlg5Tgj9ljrgvuQE-PT57F7mj5wkIZQyBPjGIYjsPRFeALt~fXjma5IZKlQI8Ls2xz0g4V3K~1SVf7HC-8ibP4KjpagVIiFrRvKB MID-XLaJ7aL9TUyRtPiNU-o-5MPLxOYjsCztIjNtsKe~NPHGph2pioVktDq9gHw82aNpxfx6njAia35cVMbm19jflDmPU8B)

[6~fiYqSqpr~3kgnAp1ZzJTWTrUuBJRaYWtscLW0RGNQgKsWJ1W1eCpoE20FD5UwEMc0JsYIQ &Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://www.researchgate.net/publication/265291564_Bacia_do_Parana) Acesso em: 06 de maio. 2021.

MILANI, E. J., *et al.* Bacia do Paraná. **B. Geociências**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 265-287, maio/Nov. 2007. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/265291564\\_Bacia\\_do\\_Parana](https://www.researchgate.net/publication/265291564_Bacia_do_Parana) Acesso em: 06 de mar. 2021.

MONTEIRO, M. C.; MENEZES, A. S. v. 9, n. 1, /2019. Análise histórica de ocupação das Áreas Úmidas (Veredas e Campos de Murundus) no Triângulo Mineiro entre os municípios de Uberaba e Uberlândia durante os anos de 1987 a 2017. **Building the way**, v. 9, n. 1, p. 173-187, maio, 2019. Disponível em: <https://www.revista.ueg.br/index.php/buildingtheway/article/view/9288>. Acesso em: 26 de maio, 2021.

MOREIRA, V. B. *et al.* Os Parques Urbanos de Uberlândia – MG: Levantamento e caracterização destes espaços a partir da visão de seus usuários. **Observatorium**, v.3, n.8, p. 02-26, dez. 2011. Disponível em: <http://www.observatorium.ig.ufu.br/pdfs/3edicao/n8/0.pdf>. Acesso em: 26 de maio, 2021.

NISHIYAMA, L. Geologia do município de Uberlândia (MG) e áreas adjacentes. **Sociedade e Natureza**. Uberlândia, ano I, n.1, p. 9-16, jun. 1989. EDUFU.

NOVAIS, G. T.; BRITO, J. L. S.; SANCHES, F. O. Unidades climáticas do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 14, v. 23, p. 223-243. Jul/Dez 2018. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/58520> Acesso em: 02 de maio. 2021.

OLIVEIRA, P. C. A. de. **Cenários ambientais e diagnose da bacia hidrográfica do Córrego Guaribas, Uberlândia – MG. 2009**, 142 f. Dissertação (Mestrado) Instituto de Geografia – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/16054/1/dis.pdf> Acesso em: 26 de maio, 2021.

PAVANIN, E.V. *et al.* Geoprocessamento aplicado ao diagnóstico de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Córrego Guaribas em Uberlândia – MG. **Revista de Engenharia Civil IMED**, v.3, n. 2, p. 24-38, jul./dez. 2016. Disponível em: <https://seer.imed.edu.br/index.php/revistaec/article/view/1433/1029> Acesso em: 26 de maio, 2021.

PEREIRA, K. G.; PEDROSA, A. S. As Capturas de Bacias Hidrográficas: Evidências Morfotectônicas no Contato da Chapada com o Relevo Dissecado da Bacia do Rio Tijuco

(MG). **Territorium**, Coimbra, v. 22, p. 87-102, 2015. Disponível em: <https://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Territorium/t22> Acesso em: 06 de mar. 2021.

PEREIRA, K. G.; PEDROSA, A. S. O mapa geomorfológico do contato da chapada com o relevo dissecado na bacia do rio Tijuco (MG). In: LOURENÇO, L. **Geografia, paisagem e riscos**: livro de homenagem ao Prof. Doutor António Pedrosa. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2016, p.27-46. Disponível em: [https://digitalis.uc.pt/ptpt/livro/o\\_mapa\\_geomorfol%C3%B3gico\\_do\\_contato\\_da\\_chapada\\_co\\_m\\_o\\_relevo\\_dissecado\\_na\\_bacia\\_do\\_rio\\_tijuco\\_mg](https://digitalis.uc.pt/ptpt/livro/o_mapa_geomorfol%C3%B3gico_do_contato_da_chapada_co_m_o_relevo_dissecado_na_bacia_do_rio_tijuco_mg) Acesso em: 06 de mar. 2021.

PETRUCCI, E. **Características do clima de Uberlândia - MG: análise da temperatura, precipitação e umidade relativa**. Dissertação. 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia) Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/20810/4/CaracteristicasClimaUberlandia.pdf> Acesso em: 02 de maio. 2021.

PINTO, M. L.; VIDOTTI, R. M. Tectonic framework of the Paraná basin unveiled from gravity and magnetic data. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 90, p. 216-232. 2019. Disponível em; <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2018.12.006> Acesso em: 08 de maio. 2021.

ROCHA, M. R. *et al.* **Mapeamento Geomorfológico do Triângulo Mineiro – Brasil**, 2001. Disponível em: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal8/Nuevastechnologias/Cartografiatematica/03.pdf> Acesso em: 12 de mar. 2021.

RODRIGUES, S. C.; OLIVEIRA, P. C. A. **Hidrografia do rio Araguari**. Coordenação geral de COLESANTI, M. T. M. Uberlândia, Roma. 60 p. 2007. Disponível em: <http://www.ccbe.com.br/assets/pdf/Hidrografia.pdf> Acesso em: 12 de mar. 2021.

ROSA, T. A. **O Comércio ambulante de alimentos em Uberlândia – MG**. 2014, 134 f. Monografia (Bacharelado em Geografia) Programa de pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, 2014. Disponível em: [http://www.lagea.ig.ufu.br/biblioteca/monografias/thiago\\_alves\\_rosa.pdf](http://www.lagea.ig.ufu.br/biblioteca/monografias/thiago_alves_rosa.pdf) Acesso em: 02 de maio. 2021.

SILVA, L. L. O papel do Estado no processo de ocupação das áreas de Cerrado entre as décadas de 60 e 80. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 2. n.2. p. 24-36. dez/ 2000. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15251> Acesso em: 02 de maio. 2021.

TEIXEIRA, G.; RODRIGUES, G. S. S. C. Trajetória geográfica da silvicultura em Minas Gerais. **Mercator**, Fortaleza, v. 20, e 20004, p. 1-13, 2021. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/mercator/a/KBQgMYrBw3XyrvmBQcYk64j/?format=pdf&lang=pt>.

Acesso em: 26 de maio, 2021.

---

## CAPÍTULO II

---

*Deus quer, o homem sonha, a obra nasce.  
Deus quis que a terra fosse toda uma,  
Que o mar unisse, já não separasse.  
Sagrou-te e foste desvendando a espuma.  
E a orla branca foi de ilha em continente,  
Clareou, correndo, até o fim do mundo,  
E viu-se a terra inteira, de repente  
Surgir, redonda, do azul profundo  
(Fernando Pessoa, 2011, p.10)*

### CAMINHOS DA PESQUISA: Métodos e Técnicas

**Resumo:** Almejando alcançar os objetivos propostos para esta pesquisa foram realizados os procedimentos técnicos operacionais que contribuíram para uma maior compreensão da dinâmica erosiva na área de estudo. A pesquisa é de cunho analítico e explicativo, uma vez que, fundamentada na literatura, buscou identificar, mapear, caracterizar e analisar a área de estudo quanto à susceptibilidade ao desenvolvimento de voçorocas. Devido à preferência em construir o trabalho no formato de artigos, grande parte da metodologia adotada está descrita em seus capítulos específicos. Contudo, a utilização das técnicas voltadas para a elaboração dos produtos cartográficos, buscando uma melhor visualização e comunicação das informações, estão descritas neste capítulo.

**Palavras-Chave:** Mapa, Área, Localização, Paisagem.

**Abstract:** Aiming to achieve the objectives proposed for this research, technical operational procedures were carried out that contributed to a greater understanding of the erosive dynamics in the study area. The research is of an analytical and explanatory nature, since, based on the literature, it sought to identify, map, characterize and analyze the study area regarding the susceptibility to the development of gullies. Due to the preference to build the work in the format of articles, a large part of the methodology adopted is described in its specific chapters. However, the use of techniques aimed at the elaboration of cartographic products, looking for a better visualization and communication of information are described in this chapter.

**Key-words:** Map, Area, Location, Landscape.

## INTRODUÇÃO

Como elucidado nas notas introdutórias, a tese foi estruturada no formato de artigos, com alguns submetidos à revista e colunas de divulgação científica direcionado para a comunidade em geral, como a seção “Leia Cientistas<sup>5</sup>” da Universidade Federal de Uberlândia.

---

<sup>5</sup>A seção "Leia Cientistas" reúne textos de divulgação científica escritos por pesquisadores da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). São produzidos por professores, técnicos e/ou estudantes de diferentes áreas do

Nessa conjuntura, cada capítulo foi escrito com a perspectiva de compreensão do estabelecimento dos processos erosivos na área de estudo com o referencial teórico pertinente, os objetivos específicos, bem como a descrição dos procedimentos teóricos metodológicos executados.

Sobre o ponto de vista geral da metodologia utilizada foram aproveitadas as técnicas referentes à documentação indireta e direta. Sendo a primeira, voltada para a investigação de dados em fontes primárias e secundárias por meio da pesquisa bibliográfica, aquisição de dados cartográficos, localização da área de estudo, análise e interpretação de obras relacionadas a temática abordada, em especial na amplitude da erosão por voçorocas, dinâmica das vertentes e análise da susceptibilidade erosiva.

Em relação a documentação direta, alusiva ao próprio levantamento de dados em campo no município de Uberlândia, foram realizadas visitas rápidas em alguns pontos, no período de abril de 2021, com o desígnio de melhor entender as características da área frente a estabelecimento das voçorocas e também fazer o registro fotográfico de algumas feições, já demarcadas previamente no *Google Earth*.

Em virtude do enveredamento da pesquisa pelo campo da modelagem, a maior parte do trabalho foi executada em gabinete, no âmbito do Geoprocessamento. Por esse ângulo, fundamentada nas técnicas de pesquisas adotadas, foi possível correlacionar as informações conseguidas e compreender melhor a dinâmica erosiva da área de estudo. Notadamente através da espacialização dos dados nos mapas elaborados para a pesquisa, a saber: Localização, Geologia, Geomorfologia; Hipsometria, Declividade, Pedologia, Usos do solo, localização das voçorocas e por fim, a Carta de Susceptibilidade a erosão por voçorocas.

O processamento e execução dos mapas foram realizados no *software* ArcMap, versão 10.5, do pacote de serviços ArcGIS e também pelo *software* livre QGIS<sup>6</sup> 3.16. Em todos os mapas, o *layout* final foi recortado, com o intuito de demonstrar somente as informações do município de Uberlândia. A seguir estão descritos os procedimentos utilizados para a elaboração dos produtos cartográficos.

---

conhecimento. A publicação é feita pela Divisão de Divulgação Científica da Diretoria de Comunicação Social (Dirco/UFU).

<sup>6</sup> Disponível para *download* no site: [https://qgis.org/pt\\_BR/site/forusers/download.html](https://qgis.org/pt_BR/site/forusers/download.html)

## 2.1 ELABORAÇÃO DOS PRODUTOS CARTOGRÁFICOS

### 2.1.1 Mapa de localização

O Mapa de Localização foi formulado com as bases cartográficas digitais básicas do IBGE, exceto para a área urbana de Uberlândia, cujos limites da malha urbana são documentados e disponibilizados pelo site da Prefeitura Municipal de Uberlândia.

### 2.1.2 Mapa Geológico

O mapa Geológico foi confeccionado com bases de dados pré-existentes. Utilizou-se o mapa da Companhia do Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (CODEMIG) em parceria com o Serviço Geológico do Brasil (CPRM), disponibilizado no ano de 2014 e editado na escala de 1:1000000. Foi sobreposto a essas informações geológicas apenas a malha urbana do município de Uberlândia como referência de localização.

As Unidades Geológicas definidas são: Cobertura Superficial Indiferenciada, Grupo Araxá, litofácies micaxisto, Grupo Bauru com a Formação Marília e Vale do Rio do Peixe, o Grupo São Bento com a Formação Serra Geral, e a Suíte Jurubatuba.

### 2.1.3 Mapa Geomorfológico

Em relação ao Mapa geomorfológico foi utilizada uma base de dados elaborada por Baccaro *et al.* (2001) e Rocha, *et al.* (2001) que está fundamentada na proposta taxonômica elaborada por Ross em (1992). Essa classificação se configura numa forma sistêmica de interpretação do relevo, considerando, os aspectos fisionômicos, a gênese e a idade das formas em seus diferentes arranjos estruturais e esculturais.

A proposta dos autores supracitados teve por objetivo definir e mapear na escala de 1:500000, os diferentes padrões das formas de relevo no Triângulo Mineiro. Assim, foram destacadas três unidades Morfoestruturais, o Primeiro Taxon, definido pelo Complexo Granito-Gnáissico e Metassedimentar, Bacia Sedimentar do Paraná e Planícies Fluviais Cenozoicas. O Segundo

táxon é representado pelas Unidades Morfoesculturais Planalto Dissecado do Paranaíba, Planalto Rio Grande-Paranaíba, *Canyon* do Araguari, Planalto Dissecado do Tijuco, Planalto Residual, Planalto Tabular e Planícies Fluviais

O Terceiro táxon corresponde ao Padrão das Formas Semelhantes ou Unidades Morfológicas e constituído pelas formas que geneticamente foram ou estão sendo geradas por processos denudacionais ou agradacionais (BACCARO *et al.*, 2001; ROCHA *et al.*, 2001). Considerando a Matriz dos Índices de Dissecação do Relevo, conjuntos dos padrões de formas semelhantes, pelas letras e números.

Ainda na classificação morfológica, as formas denudacionais (D) são acompanhadas da informação do tipo de modelado dominante: aguçado (a), convexo (c), plano (p) e tabular (t), correspondendo aos conjuntos Da, Dc, Dp e Dt. No que tange ao código das formas de acumulação (A) é elucidado o tipo de gênese que a gerou, compondo o conjunto Apf referente a acumulação de sedimentos em ambientes fluviais (BACCARO *et al.*, 2001; ROCHA *et al.*, 2001).

Baccaro *et al.*, (2001) e Rocha *et al.*, (2001) ressaltaram os desafios de elaboração de uma carta geomorfológica em escala regional, mencionando a dificuldade técnica de representação de fatos geomórficos de pequena representatividade espacial, justificando nesse âmbito a não cartografiação do quarto, quinto e sexto táxons.

Em síntese, abalizado pelo mapeamento produzido por Baccaro *et al.*, (2001) e Rocha *et al.*, (2001) a concepção do mapa geomorfológico para o município de Uberlândia consistiu na transformação do arquivo vetorial, inicialmente, em formato “dwg” para *shapefile*, e, posteriormente, o seu georreferenciamento. A fase final se ateve em agrupar as unidades Morfoesculturais com a mesma cor, juntamente com as siglas dos modelados.

Para o município de Uberlândia, as Unidades Morfoestruturais definidas foram: Bacia Sedimentar do Paraná com as Morfoesculturas, *Canyon* do rio Araguari, Planalto Tabular, e Planalto Dissecado do Tijuco. E Planícies Fluviais Cenozoicas, representada pela Morfoescultura, Planícies Fluviais.

#### 2.1.4 Mapas de Declividade e Hipsometria

Para execução destes dois mapas topográficos, foram utilizadas imagens ALOS<sup>7</sup>PALSAR, de 2006, com resolução espacial de 12,5 m, disponibilizada gratuitamente pelo Laboratório de Sensoriamento Remoto da Universidade do Alaska Fairbanks<sup>8</sup>.

Segundo Souza e Oliveira (2018), essas imagens possibilitam a obtenção de dados topográficos reais, uma vez que o sensor não sofre interferências de nuvens, do dossel vegetal, sendo independente de iluminação natural ou de emissão própria do alvo.

Os mapas de Declividade e Hipsometria utilizaram a mesma base de dados e foram gerados por meio da extensão 3D *analyst* do *software* ArcMap. Sendo que, para a declividade, valeu-se do intervalo de classes mais utilizados na literatura e no Mapa Hipsométrico foi usado o intervalo automático.

#### 2.1.5 Mapa Pedológico

Para a elaboração do Mapa de Solos, foi empregada a base de dados do SiBCS, de 1999 gerada a partir de levantamentos da EMBRAPA/RADAM, que representa a distribuição espacial dos solos do estado de Minas Gerais, na escala de 1:1000000. Esse plano de informação representa a distribuição espacial dos solos do estado de Minas Gerais.

No entanto, para a confecção do mapa para a área de estudo, aproveitou-se da classificação dos solos revisada na 5ª edição da SiBCS, publicada em 2018 em substituição da classificação que vinha sendo utilizada pela Embrapa Solos. Assim, como nos outros mapeamentos, a malha urbana foi sobreposta a estas informações com o desígnio de referência para a localização.

Os tipos pedológicos foram considerados em sua diferenciação, no Segundo Nível Categórico, com as seguintes nomenclaturas identificadas: Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho Amarelo, Argissolos Vermelhos-Amarelos, Nitossolos Vermelhos e Gleissolos Háplicos.

---

<sup>7</sup> *Satélite Advanced Land Observing Satellite (ALOS)*

<sup>8</sup> <https://vertex.daac.asf.alaska.edu>

### 2.1.6 Mapa de Usos do Solo

Para a confecção do Mapa de Usos do Solo do município de Uberlândia foi utilizada a imagem Landsat 8 (cena/órbita; ponto 221\_073) datada em 21/11/2020 e adquirida no site *United States Geological Survey* (USGS). A imagem foi escolhida por apresentar ausência de nuvens sobre a região de estudo.

O tratamento da imagem foi realizado no *software* livre QGIS, versão 2.14.19 com o auxílio de dois *plugins*, o *plugin Semi- Automatic Classification Plugin* (SPC), utilizado para a correção atmosférica da imagem Landsat 8 pelo método DOS 1 *Atmosferic Correction*, e também para o recorte da cena. Esse método de correção atmosférica é fundamental para retirar as imperfeições da imagem. E do *plugin Orfeo Toolbox* (OTB) empregado para a classificação da imagem. As classes de mapeamento selecionadas foram: mapeamento (1) Agricultura (2) Silvicultura (3) Pastagem (4) Vegetação (5) Solo Úmido (6) Rio/represas e (7) Áreas construídas.

Primeiramente foram criadas manualmente as amostras para todas as 7 classes descritas, estas foram adquiridas através do comportamento espectral dos alvos nas composições Falsa Cor e Cor Natural em conjunto. A segunda etapa consistiu na geração de uma estatística da imagem, salvo em formato xml.

A terceira etapa compreendeu o treinamento da imagem para a classificação, com a utilização do algoritmo *lbsvm* e como resultado obteve-se um modelo de classificação necessário para a separação automática das classes. O mapa de Usos foi conseguido no *plugin* OTB, com a seleção das informações imagem – modelo – estatística da imagem.

### 2.1.7 Mapa de Susceptibilidade a Erosão por Voçorocas

A susceptibilidade erosiva de uma determinada unidade é condicionada a uma série de variáveis influentes, como a litologia, erodibilidade dos solos, declividade do terreno, erosividade das chuvas, índice de dissecação do relevo, curvatura das vertentes e usos do solo.

Considerando a complexidade e dinâmica da erosão dos solos na vertente foi empregado a análise de multicritério na elaboração do mapa de susceptibilidade erosiva, visto que essa

metodologia possibilita a investigação combinada dos diversos componentes e a sua relação com a erosão em uma área ou região específica.

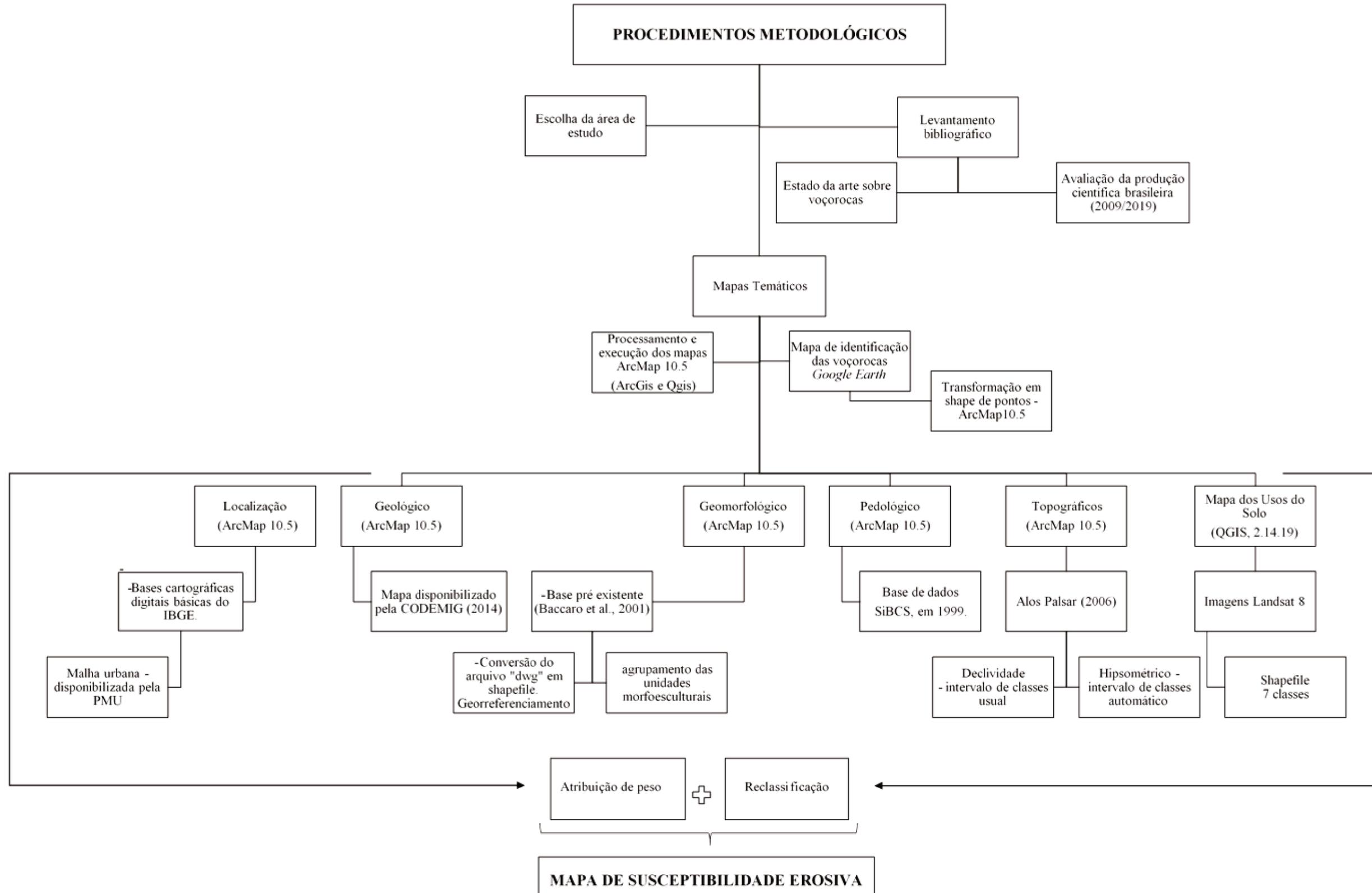
Os procedimentos metodológicos foram fundamentados na revisão de literatura com vistas a determinação de pesos para as variáveis, enquanto o tratamento das informações pertinentes, bem como a elaboração e a reclassificação dos mapas foram executados em ambiente SIG pelo pacote de serviços ArcGis.

#### *2.1.8 Mapa de distribuição das voçorocas no município de Uberlândia*

Para a elaboração do mapa de distribuição espacial das voçorocas, primeiramente foram identificadas e demarcadas as feições erosivas pelas imagens do *Google Earth Pro*. Os arquivos dos pontos assinalando as voçorocas, no formato KLM, foram transformados em *shape* através do *software* ArcGis 10.5.

O *shape* de pontos identificados foi cruzado com o do município com a perspectiva de melhor visualização da distribuição de voçorocas na área de estudo. A identificação das voçorocas valeu-se também dos trabalhos desenvolvidos por Baccaro (1989, 1990, 1994, 2001 e 2004) juntamente com Carrijo e Baccaro (2000), que serviram de subsídio a esta pesquisa. Nesse sentido, a revisão da literatura sistemática aliada às técnicas de mapeamento possibilitou a integração das informações e conseqüentemente o melhor entendimento da dinâmica erosiva na área de estudo.

A seguir está o organograma 1, demonstrando os procedimentos realizados para o desenvolvimento deste trabalho.



## REFERÊNCIAS

BACCARO, C. A. D. Estudos Geomorfológicos do município de Uberlândia. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, ano I, n.1, p. 17-21, jun. 1989. EDUFU

BACCARO, C. A. D. **Estudo dos processos geomorfológicos de escoamento pluvial em área de Cerrado- Uberlândia –MG**. 1990, 164. f. Tese de Doutorado (Geografia) Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

BACCARO, C. A. D. As Unidades Geomorfológicas e a Erosão nos Chapadões do Município de Uberlândia (MG). **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, n. 11 e 12, p. 19-34, 1994.

BACCARO, C. A. D. *et al.* Mapa Geomorfológico do Triângulo Mineiro: Uma abordagem Morfoestrutural-Escultural. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v.13, n 25, p 115-127, 2001. Disponível em:  
[http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/29958/pdf\\_152](http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/29958/pdf_152) Acesso em: 16 de abril. 2018.

BACCARO, C. A. D. *et al.*, Mapeamento Geomorfológico da Bacia do Rio Araguari. In: LIMA, S. do C.; SANTOS, R. J. (Org.) **Gestão Ambiental da bacia do Rio Araguari – Rumo ao Desenvolvimento Sustentável**. Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia / Instituto de Geografia; Brasília: CNPq, 2004. p. 01 – 19.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Geodiversidade do estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2010. 131 p. Disponível em:  
[http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia\\_basica/plgb/ipora/ipora\\_geologia.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia_basica/plgb/ipora/ipora_geologia.pdf) Acesso em: 06 de jan. 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5.ed. Brasília-DF, Embrapa Solos, 2018. 355p. Disponível em:  
<https://www.embrapa.br/solos/sibcs> Acesso em: 01 jan. 2021.

ROCHA, M. R. *et al.* **Mapeamento Geomorfológico do Triângulo Mineiro – Brasil**, 2001. Disponível em:  
<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal8/Nuevastechnologias/Cartografiatemati ca/03.pdf> Acesso em: 12 de mar. 2021.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, n.6, São Paulo: Edusp, p. 17-30, 1992.

SOUZA, S.O.; OLIVEIRA, R.C. Uso de imagens Alos/Palsar para mapeamento da declividade do litoral norte paulista. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia. 12., 2018, Crato, **Anais...** Crato, CE: Departamento de Geografia, 2018. Não paginado Disponível em: <https://www.sinageo.org.br/2018/trabalhos/9/9-542-546.html>. Acesso em: 01 jan. 2021.

---

### CAPÍTULO III

---

*“Aprendo a tolerar aquilo  
que me faz sofrer.  
Suporto então melhor o meu  
sentimento de responsabilidade.  
Ele já não me esmaga e deixo de me  
levar, a mim ou aos outros, a sério demais.  
Vejo então o mundo com bom humor”  
(Albert Einstein, 2016, p. 9)*

#### EROSÃO POR VOÇOROCAS: ESTADO DA ARTE<sup>9,10</sup>

**Resumo:** A erosão do solo pode ser de origem natural e influenciada pelas atividades antrópicas, definida pela atuação do fluxo hídrico na vertente e diferenciada em laminar e linear. Por serem formas que exibem grande complexidade, devido ao estabelecimento dos processos atuantes, é difícil a definição de parâmetros rígidos de diferenciação entre as feições lineares. Considerando essa problemática, o trabalho objetivou o levantamento teórico-conceitual sobre voçorocas. A distinção entre ravina e voçoroca é fundamentada em grande parte no caráter dimensional, tanto na literatura nacional quanto na internacional, e, portanto, é apontado que, mesmo apresentando características morfológicas muitas vezes correspondentes, a gênese pode ser diferente, sendo preciso ponderar nesse sentido o afloramento do lençol freático e também a dinâmica de infiltração. As ravinas são causadas apenas pela ação do escoamento superficial concentrado, enquanto no processo de voçorocamento pode existir uma interconexão entre processos associados ao escoamento superficial e subsuperficial. Contudo, a grande questão envolvida, a princípio, transcende os elementos morfológicos classificatórios para uma questão de magnitude do impacto ambiental, precisamente definida e interferente nas diferentes capacidades de uso da terra.

**Palavras-chave:** Erosão dos solos, Voçorocas; Degradação dos solos; Vertente.

**Abstract:** Soil erosion can be of natural origin and influenced by anthropic activities, defined by the performance of the water flow in the slope and differentiated in sheetflow and lineflow. They are forms that exhibit great complexity due to the establishment of active processes, it is difficult to define rigid parameters for differentiation between line flow features. Considering this problem, the work aimed at the theoretical-conceptual survey on gullies. The distinction between rill and gully is largely based on the dimensional character, both in national and international literature, and therefore it is pointed out that, even with morphological characteristics often corresponding, the genesis can be different, and it is necessary to consider in this sense, the outbreak of the water table and also the infiltration dynamics. The rills are caused only by the action of the concentrated runoff, while in the in erosion process by gullies there may be an interconnection between processes associated with the runoff and subsurface. However, the big issue involved, at first, transcends the morphological classificatory elements to an issue of magnitude of environmental impact, precisely defined and interfering in the different land use capacities.

**Key-words:** Soil erosion, Gullies; Soil degradation; Slopes.

---

<sup>9</sup>Resumo do texto publicado na seção “Leia Cientistas” na página institucional da UFU.

<sup>10</sup> Capítulo aceito para publicação no Livro “Revisões de Literatura da Geomorfologia Brasileira” editado pela UGB.

## INTRODUÇÃO

Oriunda do vocábulo latino *erosio*, que tem como significado “roer distante”, a erosão provoca a remoção da camada superior dos solos por variados fatores condicionantes, como as gotas de chuva, vento e a ação gravitacional, acarretando efeitos adversos na agricultura, especialmente pelo esgotamento do potencial produtivo do solo, minimizando assim, esse recurso base (LAL, 1990). Selby (2005) define como erosão o desprendimento e remoção de solo e rocha pela ação das gotas de chuva, água corrente e água subterrânea.

Considerando os solos como sistemas abertos, devido à dinâmica de fluxo de ganho e perda de energia, é perceptível que as ações humanas desenvolvidas sobre as vertentes têm ocasionado impactos ambientais *on site* e *off site*, evidenciando a magnitude dos danos, a exemplo da diminuição da fertilidade natural, bem como a redução de água no solo decorrente da formação de ravinas e voçorocas (GUERRA, 2015; MORGAN, 2005).

A erosão dos solos é um processo natural de modificação das vertentes, no entanto pode ser acelerada pelas atividades antrópicas. Especialmente em áreas tropicais, os processos erosivos são desencadeados com maior intensidade, no qual a força de cisalhamento gerada pela energia cinética dos pingos de chuva é mais intensa com as chuvas torrenciais específicas dessa zona climática.

Segundo Salomão (2015), a forma como acontece o escoamento superficial sobre a vertente é que diferenciará o tipo de erosão processada, podendo ser de dois tipos: laminar e linear. O primeiro causado pelo escoamento difuso das águas pluviais, responsável pela remoção das camadas superficiais do solo. O segundo tipo de erosão acontece quando o fluxo hídrico se torna concentrado e resulta em pequenas incisões na superfície do terreno podendo formar as ravinas.

No Brasil, os problemas suscitados pela erosão dos solos em áreas rurais estão intrinsecamente relacionados ao crescimento das atividades agrícolas e à pecuária extensiva, aliados a solos com significativa fragilidade e submetidos a condições climáticas em que os totais pluviométricos são elevados e muitas vezes concentrados sazonalmente.

Juntamente com essas questões destacadas, o manejo incorreto e as práticas conservacionistas pouco eficientes corroboram para um cenário de degradação dos solos por erosão hídrica. Talvez o pouco incentivo à conservação dos solos pelos órgãos governamentais se configura na

inoperante aplicabilidade dos estudos voltados para essa questão, impedindo, muitas vezes, a materialização das técnicas desenvolvidas.

Em áreas urbanas o aumento da população e o crescimento espontâneo das cidades exercem grande pressão sobre o meio físico, efetuando inclusive mudanças significativas na dinâmica do escoamento pluvial, uma vez que, interfere na permeabilidade dos solos. A ausência de um planejamento urbano adequado, a não consideração do uso da terra na ocupação das vertentes condicionam grande risco a população, colocando-a em situação de vulnerabilidade ambiental.

A erosão dos solos e o seu controle abrange vários aspectos concomitantemente e tem sido abordada pelos diversos campos do saber, desde as ciências da terra até as ciências econômicas e sociais. Testificando que a degradação do solo pelos processos de voçorocamento é um problema relevante e por isso é bastante debatido na atualidade, nos diferentes universos científicos.

Nessa conjuntura, por mais que existam estudos voltados para o entendimento dos processos erosivos e que os resultados alcançados, bem como as técnicas e metodologias aplicadas sejam diferentes em virtude das condições geográficas, de acordo com Lal (1990), os processos e os princípios intrínsecos às medidas de controle da erosão não modificam.

No cenário internacional a última década tem sido protagonizada pelos trabalhos convergidos para a análise de áreas susceptíveis a erosão por voçorocas, com base em modelos estatísticos, e ênfase na calibração, validação e desempenho dos diferentes algoritmos desenvolvidos para essa finalidade, como os artigos publicados por: Arabameri *et al.*, (2020); Azareh (2019); Garosi (2018); Pourghasemi *et al.*, (2017); Rahmati *et al.*, (2014); Zabihi *et al.*, (2018); fruto das pesquisas em várias bacias hidrográficas no Irã. Segundo Arabameri *et al.*, (2020), a grandeza dos impactos causados por esse fenômeno conduziu a comunidade geomorfológica iraniana aos esforços nos estudos orientados para essa temática em praticamente todo território.

As técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento estão cada vez mais aplicadas na investigação da erosão de voçorocas, e nessa circunstância, fundamentadas na comparação de modelos digitais, na quantificação de perdas volumétricas de solos, na deposição de sedimentos, técnicas de reabilitação de áreas degradada, zoneamento de susceptibilidade erosiva e gestão de risco, faz-se notável as pesquisas de Castillo *et al.*, (2012) em Córdoba, Espanha; Dube *et al.*, (2014) no Distrito de Mbire, Zimbábue; Evans e Lindsay (2010) no planalto de Bleaklow, Inglaterra; Gayen *et al.*, (2019), na bacia do Rio Pathro, Índia; Kuhnert *et al.*, (2010) na bacia

do Burdekin, na Austrália; Perroy *et al.*, (2010), na Ilha de Santa Cruz, Califórnia; e Yitbarek; Belliethathan; Stringer (2012) na Etiópia.

Nesse cenário, muitos pesquisadores têm desenvolvido estudos com o intuito de compreender o desencadeamento da erosão e os impactos ocasionados tanto na esfera ambiental quanto na esfera econômico-social. A exemplo dos trabalhos publicados em língua portuguesa por Albuquerque (2015); Alencar (2018), Biffi (2019), Cabral (2018), Cassaro (2018), Cavalcanti (2019), Confessor; Machado e Rodrigues (2016), Frota Filho; Abreu; Vieira (2020), Goulart *et al.*, (2016), Siqueira Junior (2018); Lima (2019), Lisboa *et al.*, (2016), Lisboa (2018), Marquez (2018), Marchioro, *et al.*, (2016), Matiazio (2018), Melo, (2017), Pinto (2018), Sampaio (2019), Souza (2017), Ribeiro (2015), Utsumi (2019), Teixeira (2018), Vieira (2008), dentre vários outros que trouxeram em seu bojo as temáticas: revegetação de áreas degradadas por voçorocas, o uso de imagens de satélites direcionadas para a identificação das feições, a aplicação de modelos voltados para a quantificação de sedimentos, dentre outros temas relevantes.

Como elucidado, a busca pelo maior entendimento do estabelecimento da erosão linear está presente na discussão científica e de inúmeros estudos realizados no país. Contudo, existe uma relativa divergência no meio acadêmico em relação à conceituação de voçoroca, considerada a feição mais agressiva da erosão dos solos. Os pesquisadores Carvalho *et al.* (2006), Fendrich (1997), Guerra (2008), Morgan (2005), Oliveira (2015), Poesen *et al.*, (2003), Poesen, Vandaele e Van Wesemael (1996), Selby (2005) e Vrieling *et al.*, (2007) consideram os aspectos dimensionais das formas para a classificação das voçorocas. Enquanto estudiosos como Augustin e Aranha (2006), Baccaro (2015), Coelho Netto (2008) e Salomão (2015) reiteram que somente características relacionadas ao tamanho e profundidade não são satisfatórias para a definição de tal feição, considerando também, os processos distintos de formação devido a ação do escoamento superficial, infiltração e escoamento subsuperficial na gênese da erosão em voçorocas.

A discussão acerca dos processos de voçorocamento praticamente esbarram em algumas questões pontuais voltadas para os processos morfogenéticos e para os aspectos morfológicos, envolvidos na esculturação da forma. Diante o exposto, é sabido da existência de diferentes entendimentos no que diz respeito à formação das voçorocas. O trabalho em questão tem o intuito de contribuir para a discussão relacionada à gênese desta feição nomeadamente complexa pela interação dos fatores naturais e/ou antrópicos.

Considerando o enfoque conceitual da temática supracitada, os procedimentos metodológicos constituíram no levantamento bibliográfico e análise interpretativa dos conceitos. A partir dessa etapa foi elaborado um texto expositivo com o intuito de agrupar as principais concepções sobre a erosão dos solos pelo processo de voçorocamento.

### 3.1 EROSÃO DOS SOLOS

A erosão dos solos é definida como um processo decorrente do rompimento do equilíbrio existente entre vegetação, solo e clima, oriundo de elementos naturais ou antrópicos (LAL, 1990), ocorre continuamente sobre a superfície terrestre e pode suceder em três fases relacionadas à remoção, ao transporte e a deposição do material removido, submetida ao equilíbrio entre as forças de desagregação e resistência do material em ser erodido (FENDRICH, 1997; GUERRA, 2008; MORGAN, 2005).

A erosão pode ser classificada de acordo com o agente responsável pelo processo, tipo ou origem e pela natureza da erosão. Denominada de geológica (submetida às condições naturais ou não perturbada) e/ou erosão acelerada (decorrente do aumento das taxas de erosão sobre a erosão geológica ou normal), oriundas do rompimento do equilíbrio do ambiente pelas atividades antrópicas (CARVALHO *et al.*, 2006; FENDRICH, 1997; ROCHA, 2012).

Lal (1990) define erosão geológica como um processo natural, inevitável, moroso e construtivo, causado pelos processos geológicos ao longo do tempo. Nessa perspectiva, os impactos sobre o ambiente não são necessariamente negativos. Agora, quando as taxas de erosão são elevadas, devido à atividade humana, pode haver o esgotamento da capacidade produtiva, especialmente pelo rompimento do equilíbrio anteriormente existente entre o solo, a vegetação e o clima, em que as taxas de erosão são maiores que as taxas de pedogênese.

São ponderados por Bertoni e Lombardi Neto (2012), Carvalho *et al.* (2006); Fendrich (1997), Guerra (2008), Lal (1990), Lepsch (2010), Morgan (2005), Salomão (2015), Rodrigues (2014), Wischmeier e Smith (1978), como fatores controladores da erosão: a erosividade da chuva, as propriedades do solo, a cobertura vegetal, as características das vertentes e o manejo dos solos. Também definido por Lal (1990) como fatores que determinam a magnitude da perturbação ocorrida no solo.

Selby (2005) reitera os aspectos climáticos e geológicos como os condicionantes de maior relevância no estabelecimento dos processos erosivos juntamente com os tipos pedológicos e a vegetação.

A complexidade da erosão dos solos é fruto da interdependência e inter-relação entre os fatores atuantes: a exemplo dos fatores climáticos, que interferem diretamente na erodibilidade dos solos, estes submetidos a condições diferentes de temperaturas e umidade apresentam graus distintos de susceptibilidade a erosão. Ao mesmo tempo, a topografia interfere na erosividade por meio da sua influência na pluviosidade e velocidade do escoamento superficial (LAL, 1990).

Os fatores climáticos que interferem na erosão dos solos são: a precipitação, a velocidade do vento, as temperaturas médias anuais e sazonais. A erosividade é a capacidade da chuva em causar erosão pela desagregação e transporte das partículas do solo, ocasionada pelo impacto direto das gotas de chuva e pelo escoamento superficial da água juntamente com as partículas desagregadas (GUERRA, 2008; LAL, 1990; SELBY, 2005; WISCHMEIER; SMITH, 1978).

A intensidade da chuva influencia a taxa de infiltração, responsável pelo estabelecimento do escoamento superficial quando a capacidade de infiltração é excedida (HORTON, 1945). Salientando que a precipitação pluvial juntamente com o *runoff* são componentes importantes do fator erosividade (LAL, 1990).

Lane, Shirley e Singh (1988) elucidam que as partículas dos solos são desagregadas devido ao impacto das gotas de chuva e pelas tensões de cisalhamento condicionada pelo fluxo hídrico, excedem a capacidade do solo em resistir às forças erosivas em determinadas condições de solo, vegetação submetida às condições de chuvas (SELBY, 2005).

Em relação a erodibilidade, Guerra (2008) e Lal (1990) definem como uma propriedade intrínseca ao solos e influenciada pela textura, estrutura, permeabilidade, matéria orgânica, pH dos solos, minerais de argila e óxidos de ferro e alumínio.

De acordo com Selby (2005), a erodibilidade é a vulnerabilidade de um solo à erosão devido às condições de chuva e pode ser dividida mediante as características dos solos (composição química e física) e manejo (tratamento do solo, etc...). É a resistência do solo frente ao desprendimento e transporte das partículas (LAL, 1990; MORGAN, 2005; WISCHMEIER; SMITH, 1978), e ocorre mediante a ação de duas forças opostas, a força motriz do agente de erosão e a força de resistência do solo.

Devido às diferenças específicas das propriedades pedológicas, os solos apresentam diferentes graus de susceptibilidade frente ao estabelecimento dos processos erosivos, confirmando que a susceptibilidade do solo à erosão é uma resposta integrada entre as suas propriedades e a dinâmica climática (LAL, 1990). Assim, os diversos tipos pedológicos respondem de maneiras distintas às diferentes tensões de cisalhamento exercidas sobre eles, evidenciando que a resposta do solo frente a erosão depende de sua estruturação química e mecânica (LAL, 1990; LEPSCH, 2010).

Nas vertentes os processos dominantes na erosão são respectivamente: a ação das gotas de chuvas, o fluxo hídrico superficial, subsuperficial e perda de massa (SELBY, 2005). A topografia interfere no potencial erosivo de uma determinada área por meio da inclinação, comprimento e forma da vertente, interferindo assim, nas características dos fluxos e na capacidade de transporte do material desagregado (LANE; SHIRLEY; SINGH, 1988; LAL, 1990).

Morgan (2005) assegura que a forma da vertente representa importante papel na erodibilidade dos solos. No entanto, é um parâmetro que deve ser investigado juntamente com os demais fatores influentes (GUERRA, 2008). Especialmente porque os compartimentos de relevo possuem comportamentos distintos frente aos processos que ocorrem na superfície, mostrando-se intrinsecamente relacionado com a gênese do solo, uso e ocupação (ROBAINA, TRENTIN; LAURENT, 2016)

Os atributos topográficos como a declividade e perfil de curvatura das vertentes influenciam diretamente no direcionamento do fluxo hídrico, convergindo ou divergindo a água. A declividade e o comprimento são variáveis morfológicas expressivas para estudos da erosão dos solos. Visto que, a perda de solos tende a crescer com o aumento da declividade e do comprimento das vertentes, influenciando o volume e também a velocidade do escoamento da água na superfície (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012; MORGAN, 2005; WISCHMEIER; SMITH, 1978).

A cobertura vegetal é essencialmente dependente dos fatores climáticos como as chuvas e temperaturas, bem como do solo, derivado da rocha intemperizada, responsável pela configuração topográfica (SELBY, 2005). Os fatores controladores são elucidados didaticamente de forma individual, não obstante, no processo erosivo eles têm ação conjunta, exercendo maior ou menor influência na perturbação do equilíbrio do solo (LAL, 1990).

Nesse sentido, além dos atributos climáticos, pedológicos, topográficos, é necessário ponderar também a atribuição da cobertura vegetal juntamente com as práticas de manejo nos estudos de erosão. A cobertura vegetal é capaz de conferir maior rugosidade aos solos, atuando como agente dissipador da energia proveniente das gotas de chuva, melhorando as taxas de infiltração e reduzindo conseqüentemente a velocidade do *runoff*, protegendo o solo contra erosão hídrica de diversas maneiras (GUERRA, 2008; MORGAN, 2005; SELBY, 2005).

As raízes das plantas e os restos de vegetais incorporados aos sedimentos são responsáveis pela diminuição do transporte do material desagregado pelo efeito do *splash*, respingo e o dossel formado intercepta as partículas limitando o transporte pelo fluxo superficial, (FENDRICH, 1997; LAL, 1990; LANE; SHIRLEY; SINGH, 1988; SELBY, 2005).

A vegetação utiliza o solo como suporte para o seu desenvolvimento, absorção de nutrientes, ao mesmo tempo que fornece matéria orgânica e proteção contra impactos das gotas de chuva por meio da diminuição das tensões de cisalhamento (GUERRA, 2008; LANE; SHIRLEY; SINGH, 1988; SELBY, 2005).

De acordo com Guerra (2008), as práticas conservacionistas são fundamentais para a diminuição do escoamento superficial. O cultivo em curva de nível, o terraceamento, a captação hídrica juntamente com as estruturas de estabilização e geotêxteis são exemplos de métodos mecânicos e práticas agronômicas voltadas para a conservação dos solos.

Lal (1990) afirma que as ações antrópicas são consideráveis no desencadeamento da erosão, especialmente pelo uso excessivo dos recursos naturais. O manejo incorreto, como desmatamento, superpastoreio, abertura de estradas e sistemas agrícolas intensivos. O crescimento desordenado das cidades, a edificação de mobiliários urbanos em áreas impróprias somado aos projetos de pavimentação ineficiente também são responsáveis pelo estabelecimento das voçorocas.

Nesse âmbito, as ações que permitem a diminuição da energia cinética da chuva, o aumento da infiltração e o armazenamento de água no solo são fundamentais no controle dos processos erosivos e, por conseguinte, na minimização da degradação dos solos (PRUSKI, 2009).

Como supracitado, a susceptibilidade dos solos frente aos processos erosivos é complexa e influenciada por vários fatores coexistentes e que se estabelecem ao longo do tempo e espaço, podendo ser modificados mediante aos sistemas de manejos implementados (LAL, 1990).

O manejo juntamente com as práticas conservacionistas, denominados também de sistemas de gestão, influem em algumas propriedades pedológicas, como a estabilidade dos agregados e o teor de matéria orgânica. Todos os fatores mencionados impactam em maior ou menor grau o escoamento superficial e a infiltração hídrica no solo.

### 3.2 PROCESSOS HIDROLÓGICOS NA VERTENTE

O escoamento superficial em encostas é frequentemente acompanhado de erosão dos solos (LAL, 1990) e os processos que controlam a desagregação, transporte e deposição dos sedimentos são complexos e interativos (LANE; SHIRLEY; SINGH, 1988), e dependente da ação conjunta dos diversos fatores controladores.

Os processos hidrológicos na vertente se tornam atuantes através dos mecanismos de infiltração da água no solo, armazenamento e escoamento em superfície e subsuperfície (GUERRA 2008; SELBY, 2005). É baseado no conhecimento dos processos atuantes na dinâmica hidrogeomorfológica, como o *splash*, o *runoff* e o *piping* que torna possível o entendimento da ação da água nas suas diversas formas erosivas.

A erosão por embate, *splash*, denominada de erosão por salpicamento, respingo, também entre os sulcos e *interril*, de acordo com Foster e Meyer (1972) apud Lal (1990), é oriunda da energia do impacto das gotas de chuvas no solo, desintegrando os agregados, interferindo na porosidade e conseqüentemente no aumento do escoamento superficial devido à formação de crostas (FENDRICH, 1997; GUERRA, 2015; LAL, 1990; MORGAN, 2005).

É a fase inicial da erosão e a sua intensidade depende da energia cinética das gotas de chuvas e também da erodibilidade dos solos. Ocorre com maior vigor entre o início da precipitação e a formação do *runoff* (FENDRICH, 1997; GUERRA, 2015; LAL, 1990; MORGAN, 2005). Desse modo, associados ao tipo pedológico e a impermeabilização da superfície, as chuvas aceleram o processo de erosão (POESEN, *et al.*, 2003; RODRIGUES, 2014). A incidência das gotas de chuva é o principal agente do processo erosivo, por causar o desprendimento e deslocamento das partículas de solo. Tais mecanismos são complexos devido a modificação no nível de energia do sistema hídrico do solo (LAL, 1990).

O *runoff* é iniciado a partir do momento que a capacidade da chuva excede a capacidade de infiltração (HORTON, 1945). Ou pela saturação das camadas superficiais do solo devido a

umidade antecedente associada a chuvas moderadas de longa duração ou após sucessivos eventos chuvosos (DUNNE, 1990).

O escoamento superficial acontece de maneira difusa, mas pode se tornar concentrado à medida que tem continuidade espacial e temporal. Nos estágios evolutivos do processo erosivo a interação do *splash* com o *runoff* é capaz de acelerar ainda mais o destacamento do solo (*detachment*), quanto maior a turbulência do fluxo, maior a capacidade erosiva (GUERRA, 2008; MORGAN, 2005).

O transporte de sedimento pelo fluxo hídrico superficial é influenciado pelos fatores controladores da quantidade de sedimento disponibilizada e pelos processos hidráulicos intrínsecos ao fluxo em superfície, como o impacto das gotas de chuva, a profundidade do fluxo e a velocidade (LANE; SHIRLEY; SINGH, 1988).

O aumento do gradiente hidráulico está relacionado a diversos fatores, como aumento da intensidade das chuvas, aumento do gradiente da encosta e diminuição da capacidade de infiltração no solo (GUERRA, 2008).

A erosão por *piping* é oriunda do fluxo subsuperficial e ocorre em todas formas de vertentes (LAL, 1990). Os pipes, denominados também de túneis, são canais abertos pelo escoamento subsuperficial com diâmetros variados. São originados através do próprio intemperismo, que submetido a circunstâncias geoquímicas e hidráulicas específicas possibilitam a dissolução e carreamento de partículas no interior dos solos (GUERRA, 2008).

Os túneis são resultados de chuvas prolongadas que acarretam elevados índices de umidade em subsuperfície oriundas da longa infiltração e são desenvolvidos em função da diferença de textura e pela diminuição da permeabilidade entre os horizontes. O *piping* pode ser iniciado por meio de fissuras, sulcos ou até mesmo tocas de animais (GUERRA, 2008; LAL, 1990).

Para Augustin e Aranha (2006), Guerra (2008); Lal (1990) e Salomão (2015) a ação conjunta dos processos atuantes no escoamento subsuperficial aumenta as forças envolvidas no alargamento do canal. O material ao ser removido amplia o diâmetro dos túneis, potencializando o colapso do solo situado acima. A atuação desse processo erosivo pode originar grandes voçorocas (GUERRA, 2008; SELBY, 2005). O transporte desse material se faz através do transporte de sólidos e de componentes dissolvidos em rotas preferenciais, o que lhes confere tanto a atuação de forças físicas, quanto químicas (AUGUSTIN; ARANHA, 2006; GUERRA, 2008; LAL, 1990).

### 3.3 TIPOS DE EROSÃO DO SOLO

A água como agente erosivo é dependente dos fatores controladores e manifesta-se de várias maneiras sobre a vertente, caracterizando as diversas formas de erosão. Segundo Guerra (2008) e Vieira (2008), a erosão hídrica é analisada de acordo com a sua forma de manifestação na superfície do terreno, sendo diferenciada em laminar e linear (sulcos, ravinas e voçorocas).

A erosão laminar, ou em lençol (*sheet erosion*), compreende a remoção de camadas de solos de forma mais ou menos uniforme sobre a superfície de uma área, resultante do escoamento superficial na forma de fluxo laminar delgado ou turbulento e distribui-se pela encosta de maneira anastomosada, sem a delimitação de canais (GUERRA, 2008; LAL, 1990; MORGAN, 2005).

A erosão superficial começa com a incidência das gotas de chuva no solo (*splash*) e evolui para os estágios de escoamento superficial até a consolidação de formas erosivas (GUERRA, 2015; LAL, 1990). É um processo difícil de ser observado devido à sutileza da sua manifestação no terreno, a percepção ocorre em consequência do aparecimento das raízes, decréscimo na produtividade e marcas nas plantas rasteiras salientando que o solo foi arrastado (BERTONI E LOMBARDI NETTO, 2012; FENDRICH, 1997; MORGAN, 2005).

Fendrich (1997) considera as ravinas como pequenos canais desenvolvidos na vertente por meio da concentração do fluxo hídrico e que podem ser corrigidas através de práticas agrícolas simples. É visivelmente mais fácil de identificação frente à erosão laminar, contudo, também é uma forma bastante negligenciada por não apresentar impactos negativos de maneira imediata.

Poesen *et al.*, (2003), após a análise de diversos trabalhos sobre erosão linear, reconheceram a dificuldade do estabelecimento de parâmetros rígidos de diferenciação entre as ravinas e voçorocas. A interação entre os mecanismos envolvidos no estabelecimento dos processos e a possibilidade de associação entre as formas intrincam a conceituação dessas feições exclusivamente por sua morfologia e localização na paisagem (POESEN; VANDAELE; WESEMAEL, 1996).

Em síntese, as diferentes formas geradas pela atuação do fluxo nas vertentes são classificadas de acordo com o seu aspecto escultural e ordem de grandeza, sendo diferenciadas em sulcos, ravinas e voçorocas.

### *Sulcos*

Para Lepsch (2010) a erosão em sulcos é oriunda das deformidades na superfície do solo em virtude da concentração da enxurrada em determinados locais da vertente. O fluxo concentrado pode direcionar-se para outros mais acentuados até formar cavidades ramificadas. O autor classifica em sulcos rasos as incisões que podem ser desfeitas com maquinários agrícolas e de profundos os que não conseguem ser desfeitos com os tipos de manejo já citados.

Rodrigues (2014) descreve os sulcos e ravinas como incisões de pouca profundidade, geometricamente alongadas, manifestadas no solo em função dos fluxos hídricos concentrados conforme a rugosidade do terreno, comumente em áreas desprovidas de cobertura vegetal, em terras agricultáveis, pastagens e estradas. Comprovando que a erosão dos solos está associada às práticas de manejo e muitos dos impactos ocasionados estão diretamente ligados às atividades agrícolas (AMORE *et al.*, 2004; BACCHI *et al.*, 2003; COGO, LEVIEN, SCHWARZ, 2003; NUNES *et al.*, 2011; SHI *et al.*, 2012).

### *Ravinas*

Com o intuito de propor uma classificação prática, o IPT (1989) define que as ravinas são feições criadas pelo escoamento superficial e as voçorocas pelo escoamento subsuperficial com consequente afloramento de lençol freático

Para Guerra (2015) e Lal (1990), as ravinas são incisões nas encostas, resultante da evolução dos estágios *sheet erosion* para o *rill erosion* provenientes da concentração do *runoff*, podendo representar o estágio inicial de um processo erosivo mais violento. Guerra (2015), Morgan (2005) e Selby (2005) ponderam que as ravinas nem sempre tem continuidade com a rede fluvial, sendo a maior parte do sistema descontínuo sobre a vertente. Ao atingir o estágio de canal com fluxo hídrico perene e conectado à rede de canais de drenagem a feição já evoluiu para voçoroca.

No *Soil Science Society of America* (2001) as ravinas correspondem a canais de pequenas plegadas de profundidade e largura, oriundas da ação do escoamento superficial. São feições passíveis de obliteração por máquinas agrícolas, ao passo que para as voçorocas não existe a

perspectiva de eliminação com as técnicas de cultivo usual (GUERRA, 2008; LAL, 1990; POESEN; VANDAELE e VANWESEMAEL, 1996).

Carvalho (2006), Fendrich (1997), Guerra (2008), Morgan (2005), Oliveira (2015) e Poesen *et al.*, (2003) distinguem as feições lineares em função da dimensão e perenidade na paisagem. Morgan (2005) afirma que as ravinas estão associadas à saturação do escoamento superficial, ao invés de estarem relacionadas ao fluxo hortoniano. Nessa conjuntura, a ravina deve ser entendida quanto ao processo que lhe dá origem e que condiciona a sua evolução.

Assim, muitos autores acreditam que enquanto o processo evolutivo se processar exclusivamente pela dinâmica associada ao escoamento superficial, seja ele laminar ou concentrado, a forma resultante será sempre uma ravina, independentemente da sua profundidade ou extensão. Notabilizando a complexidade em considerar a dimensão da feição como um atributo classificatório.

### *Voçorocas*

O termo voçoroca também é conhecido como boçoroca, oriundo do Tupi Guarani, *Ibi-Çoroc*, que significa terra rasgada (CARVALHO *et al.*, 2006). A grafia “vossoroca” também é adotada por alguns pesquisadores. Nos países de língua inglesa a voçoroca é traduzida em *gully erosion* e denominada de *ravine*, na França (VIEIRA, 2008).

A voçoroca é proveniente de um processo morfogenético que pode causar desequilíbrio ao meio ambiente (CARVALHO *et al.* 2006). A perda de solo, o assoreamento de canais fluviais e fundo de vales, a supressão da vegetação devido à incisão erosiva, as modificações hidrodinâmicas na área condicionam danos socioeconômico e ambiental imensurável (ALBUQUERQUE; VIEIRA, 2014).

A literatura evidencia que a complexidade dos processos envolvidos na erosão pluvial dificulta a própria distinção das feições erosivas na paisagem, intrincando a conceituação entre ravina e voçoroca. Tal questão levou a uma considerável inquietude em relação à terminologia adotada pela literatura nacional e internacional. Culminando em alguns questionamentos sobre a diversidade de abordagem para o termo *gully erosion*, que muitas vezes está associado a fenômenos definidos pelo dimensionamento das formas, permanência na paisagem e também pela gênese.

Outro aspecto que imprime dubiedade é se a conceituação do fenômeno comumente tratado no Brasil por voçoroca é mesmo uma tradução do inglês “*gully erosion*”? A resposta para essa pergunta pode ser confirmada pelas diversas publicações dos pesquisadores brasileiros, que em sua maior parte seguem a classificação norte-americana e britânica.

Fendrich (1997) define voçoroca como um estágio progressivo da ravina, resultante exclusivamente da ação antrópica sobre o meio. Não obstante, em países tropicais, as ravinas e voçorocas caracterizam antigos depósitos sedimentares anteriores aos primeiros humanos documentados na América do Sul (OLIVEIRA, 2015). Nesse contexto, as feições elucidadas são caracterizadas como canais incisos, oriundos de desequilíbrios naturais ou introduzidas pelo homem, não sendo consequência apenas da intervenção humana (CARVALHO, *et al.*, 2006; GUERRA, 2008; OLIVEIRA, 2015).

As voçorocas e ravinas se distinguem pelo afloramento ou não do lençol freático (CARVALHO *et al.*, 2006; SALOMÃO, 2015). Guerra (2008) e Morgan (2005) consideram as ravinas características efêmeras na encosta enquanto as voçorocas possuem caráter permanente na paisagem.

A voçoroca corresponde ao estágio mais avançado da feição erosiva, na qual necessita de maiores empenhos para a sua contenção e elevado custo de recuperação da área degradada. Além da erosão superficial, o aprofundamento dessa feição no solo pode atingir o lençol freático e desencadear as surgências de água e, conseqüentemente, o carreamento dos sedimentos e o aparecimento de vazios no interior do solo (CARVALHO *et al.*, 2006; IPT, 1989).

Bigarella e Mazuchowski (1985) categorizam a voçorocas como um canal de drenagem de paredes abruptas, com fluxos efêmeros ou pequenos, designada por uma erosão intensa e uma cabeceira bastante íngreme e escarpada.

No Brasil existe uma tendência em classificar os sulcos por critério dimensional, que na perspectiva de Oliveira (2015) é a classificação mais aceita na comunidade científica nacional. Rodrigues (2014) e Selby (2005) caracterizam a voçoroca como um canal inciso, relativamente profundo, com paredes verticais, recentes em uma vertente, na qual nenhum canal bem definido existia anteriormente. Para Guerra (2008) e Selby (2005) as voçorocas possuem paredes laterais abruptas e fundo chato, e podem aprofundar a incisão no terreno até atingir o lençol freático.

Existem diversos tipos de voçorocas, que de acordo com Fendrich (1997) e Lal (1990) podem ser agrupadas devido ao formato da seção transversal, tamanho, profundidade e formato em planta. Em relação à seção transversal as voçorocas são classificadas pelo formato em V ou em

U, essa variação morfológica é subordinada às diferentes condições climáticas, pedológicas, cronológicas, assim como pelos processos atuantes.

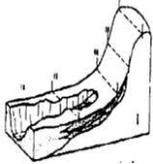
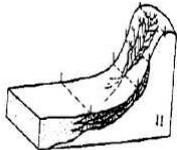
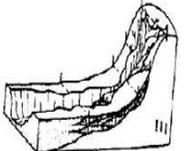
O formato em V faz alusão a solos com menor erodibilidade, no qual o escoamento superficial concentrado opera predominantemente sob a ação da água em subsuperfície. Mesmo que, encontrado numa mesma voçoroca as duas configurações já descritas, a seção em V é característica de voçorocas juvenis. Em contrapartida, o formato em U indica a presença de solos mais erodíveis, com paredes verticais esculpidas pelo fluxo em superfície e pelo solapamento da base pela água subterrânea (FENDRICH, 1997; LAL, 1990) (Quadro 1).

As voçorocas podem ser agrupadas em três tipologias: conectadas à rede de drenagem (partes baixas da vertente), desconectadas à rede de drenagem (parte superior da vertente) e integradas aos dois tipos já mencionados. O primeiro tipo está associado ao escoamento hipodérmico e/ou subterrâneo, e pode ser considerado um canal de primeira ordem. O segundo tipo está relacionado ao escoamento superficial e/ou a movimento de massa e o terceiro tipo diz respeito à formação de uma única incisão erosiva (OLIVEIRA, 2015).

No tocante à profundidade, a classificação é bastante arbitrária, como descrito ao longo do texto. Fundamentados na classificação norte-americana sobre o dimensionamento das voçorocas, adotaram a classificação de que as ravinas possuem até 50 cm, se configurando como feição passageira na vertente. Enquanto as voçorocas, resultantes da erosão pelo fluxo concentrado e intermitente de água, são formas mais profundas do que 50 cm (CARVALHO *et al.*, 2006; GUERRA, 2008; OLIVEIRA, 2015).

Selby (2005) considera o tamanho da feição na classificação das voçorocas, em que as feições possuem largura maior que 0,3 m e profundidade maior que 0,6 m.

**Quadro 1-** Classificação das voçorocas

Formato da seção transversal		Complexidade			Tamanho	Profundidade	Área drenante	
U	-Encontradas em regiões onde os solos e subsolos são facilmente erodíveis; - Paredes quase verticais; - Ampliação lateral por erosão superficial e água subterrânea.	Voçoroca Simples	-Erosão superficial -Solos arenosos -Diferenciação de horizontes apenas quanto a granulometria; -Inexistência de camadas de argila intercalada com as de textura arenosa.			Pequena	1m	2 ha
						Média	1 a 5 m	2 a 20 ha
						Grande	5m	20 ha
						<b>Tipo da Voçoroca (Oliveira, 1989)</b>		
					Conectadas	Desconectadas	Integradas	
V	- Solos mais resistentes à erosão; -Ação do escoamento superficial concentrado é maior que a ação da água subterrânea; - Formato comum no início do processo erosivo.	Voçoroca Complexa	- Acontece em solos com camadas alternadas de argilas entre os horizontes arenosos; - Ação hídrica ininterrupta, - Escoamento superficial (período chuvoso); - Escoamento subterrâneo (período seco).					
<b>Formas de Voçorocas</b>		<b>Linear</b>	<b>Bulbiforme</b>	<b>Composta</b>	<b>Dendrítica</b>	<b>Entrelaçada</b>	<b>Paralela</b>	
(Ireland; Sharpe; Eargle, 1939) (Bigarella e Mazuchowski, 1985)								
(Oliveira, 2015) (Vieira, 2008)		<b>Bifurcada</b>	<b>Ramificada</b>	<b>Irregular</b>	<b>Retangular</b>	<b>Linear</b>		
								

**Fonte:** Bigarella e Mazuchowski (1985); Fendrich (1997), Ireland; Sharpe; Eargle (1939); Oliveira (2015); Vieira (2008). Organizado por Juliana Sousa Pereira, 2020.

Na classificação de Vieira (2008) essas feições possuem profundidade superior a 1,5 metros, com paredes verticais, fundo relativamente plano, com calha em formato de U, apresentando quedas de blocos ao longo da sua extensão. O autor ainda chama atenção para os tipos pedológicos em que predominam o perfil transversal em U na região de Manaus, sendo que mais de 90% ocorrem sobre solos argilosos.

Poesen *et al.* (2003), consideram as voçorocas (*gullies*) como canais muito profundos com variação em profundidade de 0,5 a até 25–30 m. Vrieling *et al.* (2007) afirma que em ambiente dos cerrados as voçorocas variam a sua dimensão atingindo de 3 a mais de 20-30 m de profundidade, podendo alcançar em casos específicos até 1Km de extensão.

Mesmo existindo conceituações consideradas universais, é preciso avaliar as especificidades de cada ambiente no estabelecimento dos valores (GUERRA, 2008). Sobretudo, porque os condicionantes geomorfológicos são distintos e ao mesmo tempo determinantes na estruturação das paisagens.

### **3.4 MORFOGÊNESE DA VOÇOROCA**

De acordo com Fiori e Soares (1976) a evolução de uma voçoroca está condicionada a processos morfogenéticos diversos, submetidos a vários condicionantes. Embasados nos estudos de Gorchkov e Yakouchova (1967), os pesquisadores afirmam que a evolução da voçoroca passa por estádios, a saber: inicial, juvenil, maturo e senil. No qual, a gênese dessa feição está intimamente ligada ao desequilíbrio entre a quantidade de fluxo hídrico que escoar em superfície, o tipo de escoamento, a forma da vertente, juntamente com a erodibilidade do material.

Fendrich (1997) considera que o desenvolvimento da voçoroca é processado em quatro estágios correlacionados a uma série de fatores e processos que ocorrem em períodos de espaço de tempo diferentes, sendo que o primeiro está relacionado à formação do fluxo direcionado, ocasionados pela concentração dos filetes anastomosados na vertente a montante (FENDRICH, 1997; FIORE; SOARES, 1976). Constituindo o estágio inicial segundo Fiori e Soares (1976).

O segundo estágio corresponde ao aumento da profundidade e largura do canal e também ao carreamento do material (FENDRICH, 1997), devido à intensidade da erosão vertical e solapamento das paredes, com ampliação da área impactada pela efluência da água em

subsuperfície, colaborando para escavação da base dos taludes. É nessa fase que ocorre a formação da cabeceira da voçoroca em direção a montante (FENDRICH, 1997.; FIORE; SOARES, 1976). Fiore e Soares (1976) classificam como estágio juvenil.

No terceiro estágio há uma diminuição da atividade erosiva e estabelecimento da vegetação natural (FENDRICH, 1997). Ocorre o alargamento do vale, a erosão vertical apresenta intensidade apenas nas ramificações da feição, o alargamento é rápido pela própria convergência das ramificações dentro do vale, com a formação de cristas intermediárias e remanescentes. É denominado de estágio maduro (FIORE; SOARES, 1976).

O quarto estágio é a fase da estabilização da voçoroca, que alcança um perfil de equilíbrio, no qual as paredes tornam-se estáveis pela maior agregação dos solos conferida pela vegetação (FENDRICH, 1997). É o chamado estágio de senilidade, constitui o fim do processo de erosão, apresenta paredes com inclinação suave, relevo arredondado e cobertura vegetal em toda área (FIORE; SOARES, 1976).

Selby (2005) elucida o escoamento em superfície, o movimento de massa e o *piping* como processos principais na evolução das voçorocas, manifestados na maioria das vezes de maneira combinada.

#### 3.4.1 Evolução de sulcos, ravinas e cicatrizes

A formação de voçorocas ocorre também quando os antigos deslizamentos de terra deixam cicatrizes nas paredes laterais as águas das chuvas e podem, em tempestades subsequentes aos deslizamentos, formar voçorocas por meio do escoamento superficial concentrado dentro da cicatriz (VITTORINI, 1972 apud GUERRA, 2008).

De acordo com Friendrich (1997), a voçoroca pode ser classificada como processo erosivo semi-superficial de massa devido à desagregação de solos nos taludes ao longo dos fundos de vale ou de sulcos ao longo do terreno. A agressão ao solo exposto ocasionado pela abertura de sulcos e trilhas feitas pela ação antrópica ou por animais é a principal causa da erosão por voçorocamento. A ação concentrada das águas superficiais pode aprofundar e ao mesmo tempo alargar os sulcos e ravinas, provocando o colapso do material, tanto nas laterais quanto nas partes superiores em direção ao topo das voçorocas (BIGARELLA; MAZUCHOWSKI, 1985).

Parte do material desprendido é transportado e depositado em áreas mais baixas ou em algum canal fluvial (GUERRA, 2008).

Lepsch (2010) identifica as voçorocas como feição resultante do aprofundamento da erosão em sulcos. Para o autor, as voçorocas são formas espetaculares de erosão diferenciadas pelos rasgos estabelecidos na encosta, podendo atingir dimensões significativas com profundidade até o horizonte C dos solos, conferindo grande poder destrutivo tanto em áreas rurais, quanto urbanas.

A transformação de sulcos em voçorocas é comumente provocada pelo manejo incorreto dos solos, como plantio alinhado no sentido morro abaixo, o que facilita o aumento do fluxo linear, pela pecuária extensiva e estradas mal planejadas em áreas com declividade considerada (LEPSCH, 2010).

A voçoroca pode ser formada em uma determinada vertente por meio da evolução da erosão laminar para sulcos e ravinas cada vez mais profundos, e também quando há a concentração de água em determinado ponto sem a devida disseminação de energia (IPT, 1989).

Poesen, Torri, Vanwallegem, (2010) afirmam que o processo de formação da voçoroca é procedente do escoamento superficial concentrado em canais estreitos e que em curto espaço de tempo origina a remoção do solo e o aprofundamento do canal, devido ao transporte de material das partes mais elevadas das encostas para as partes mais baixas. Acarretando inundações e assoreamento de reservatórios hídricos, a diminuição da qualidade dos solos, causando impactos relacionados à dificuldade de tráfego, elevando conseqüentemente os custos para os produtores rurais (POESEN, TORRI, VANWALLEGHEM, 2010). Indicando que a erosão por voçorocamento é uma importante fonte de geração de sedimentos (POESEN; VANDAELE; WESEMAEL, 1996).

As ravinas com o passar do tempo e da quantidade de água recebida vão se expandindo em comprimento, largura, profundidade e altura, ficando com fundo de certo modo plano, paredes verticais e com quedas em bloco, formando as incisões erosivas denominadas voçorocas. Estas, podem originar de rupturas de encostas ou também em áreas em que a cobertura vegetal foi removida, e devido ao fluxo de água essa feição pode ser considerada como expansão de um canal de drenagem (SELBY, 2005). A vastidão dos processos envolvidos na erosão dos solos dificulta a caracterização morfodinâmica das voçorocas, nessa perspectiva, o quadro 2 a seguir apresenta, de maneira didática, uma síntese dos principais conceitos, evidenciando os elementos relacionados à morfogênese e a aos aspectos morfológicos dessas feições.

**Quadro 2-** Síntese das principais definições de voçorocas

	<b>VOÇOROCAS</b>	<b>AUTORES</b>
<b>Caracterização</b>	- Obliteração por maquinários agrícolas;	Guerra (2008); Lal (1990); Poesen; Vandaele e Vanwesemael (1996)
	- Feições efêmeras na paisagem	Carvalho <i>et al.</i> (2006); Fendrich (1997); Guerra (2008); Morgan (2005); Oliveira (2015) e Poesen <i>et al.</i> , (2003)
	- Canal inciso, profundo e paredes verticais - Quedas de blocos	Rodrigues (2014); Selby (2005); Guerra (2008)
<b>Morfogênese</b>	- Afloramento do lençol freático	IPT, (1989); Carvalho <i>et al.</i> , (2006); Salomão (2015)
	- Evolução através de cicatrizes, sulcos, ravinas e trilhas	Fendrich (1997); IPT (1989); Lepsch (2010); Morgan (2005); Coelho Netto (2008); Guerra (2008); Selby (2005); Bertoni e Lombardi Neto (2012); Carvalho <i>et al.</i> , (2006); Fendrich (1997); Guerra (2008; 2014 e 2015), Lepsch (2010); Ritter e Eng (2012); SSSA (2001).
<b>Aspectos dimensionais</b>	50 cm	Carvalho <i>et al.</i> , (2006); Guerra (2008); Oliveira (2015)
	- Largura 0,3 m Profundidade 0,6 m	Selby (2003)
	Profundidade 1,5 m	Vieira (2008)
	Profundidade 3 a mais de 20-30 m Extensão até 1 Km	Vrieling <i>et al.</i> , (2007)
	Profundidade 0,5 a até 25 –30 m	Poesen <i>et al.</i> , (2003)
<b>Processos atuantes</b>	Escoamento superficial concentrado	Poesen, Torri, Vanwallegem (2010)
	- Escoamento superficial e escoamento subsuperficial e <i>piping</i>	Selby (2005); Lepsch (2010); Coelho Netto (2008); Guerra (2008); Salomão (2015); Morgan (2005); Vieira (2008)

Organizado por Juliana Sousa Pereira, 2020.

O escoamento subsuperficial também é responsável pelo surgimento das feições lineares que, através da formação de dutos, exprimem significativo potencial erosivo por meio da remoção e transporte de sedimentos. As cicatrizes oriundas dos deslizamentos de terra, igualmente aos processos citados anteriormente, potencializam a formação de voçorocas, visto que o escoamento superficial concentrado aprofunda a incisão que ao interceptar o lençol freático resulta num somatório de processos simultâneos da esculturação pelos fluxos superficiais e subsuperficiais (COELHO NETTO, 2008; GUERRA, 2008). As ravinas assumem novas ramificações e dimensões sendo denominada de voçorocas (SALOMÃO, 2015).

Segundo Coelho Netto (2008), os processos erosivos por ravinas e voçorocas são causados por vários mecanismos atuantes em diversas escalas temporais e espaciais dependentes dos fluxos em superfície e subsuperfície. Algumas voçorocas podem ser originadas pela atuação do escoamento subsuperficial, no qual a água é transportada em dutos e no período de chuvas mais intensas provocam fluxos de água em subsuperfície ocasionando a remoção de grandes quantidades de sedimentos, aumentando o diâmetro desses dutos e gerando o colapso do material situado acima.

O fluxo hídrico no interior dessa feição “pode sofrer variações extremas de vazões ao longo do ano, devido a exfiltração do lençol d’água, e, principalmente, nos eventos de chuvas mais intensa” (RODRIGUES, 2014 p. 67). Essas formas estão associadas ao processo de erosão acelerada, no qual as características morfológicas das voçorocas contribuem para a instabilidade das áreas do entorno (GUERRA, 2008). No processo de erosão acelerada a remoção do material é rápida e praticamente não permite o estabelecimento da vegetação (FIORI E SOARES, 1976).

Salomão (2015) considera que as voçorocas estão relacionadas tanto ao escoamento superficial, quanto em subsuperfície em que o *piping* é o responsável pela sua evolução ao causar a remoção de partículas do interior do solo e originar canais responsáveis pelo colapso do terreno. Os desabamentos alargam as voçorocas e criam novas ramificações evidenciando que essa feição erosiva é palco de variáveis fenômenos, a saber: erosão superficial, erosão interna, solapamentos, desabamentos e escorregamentos conferindo um significativo poder destrutivo (IPT, 1989).

Morgan (2005) admite que o escoamento subsuperficial também é responsável pela formação de voçorocas, no qual a canalização interna de fluxos gerados por discontinuidades texturais no solo ou pela presença de crostas lateríticas dificultam a percolação e favorece o escoamento

lateral. O escoamento lateral ao interceptar a superfície do terreno, acarreta a exfiltração e abatimento do terreno (COELHO NETTO, 2008; BACCARO, 2015; RODRIGUES, 2014).

De acordo com Selby (2005), uma ravina principal (*master rill*) pode evoluir para o estágio de voçoroca ao alargar e aprofundar o seu canal. O autor considera dois tipos de voçorocas, as contínuas e as descontínuas, atribuindo à formação dessas feições, o escoamento superficial, o movimento de massa e o *piping*.

Concordando com Augustin e Aranha (2006), Baccaro (2015), Coelho Netto (2008), Rodrigues (2014), Salomão (2015) e Selby (2005) acredita-se que o aparecimento das voçorocas está relacionado a ocorrência de deslizamentos que podem atingir o nível freático ou aos *piping* na vertente, levando a um posterior desenvolvimento de uma voçoroca. É factível que esses dutos associados à drenagem subsuperficial possam emergir à superfície por razões de ordem morfológica, edáfica ou litológica, permitindo o desenvolvimento da feição linear a partir dessa exsurgência do fluxo subsuperficial, que teria como consequência um recuo rápido da vertente, por processos associados à dinâmica do voçorocamento.

### 3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A complexidade envolvida na erosão dos solos não é demonstrada somente pelas interações entre os complexos lito-pedológicos, climato-vegetacionais e socioeconômicos, mas também, pela dinâmica intrínseca às trocas energéticas, responsáveis pela configuração dos processos e esculturação da paisagem.

A distinção entre ravina e voçoroca por meio dos aspectos geométricos dimensionais, como a profundidade e extensão, permanência na paisagem, assim como a viabilidade de obliteração por maquinários, cumpre com excelência o seu caráter didático, contudo, não deixa em evidência os mecanismos atuantes.

As ravinas e voçorocas podem ter sua gênese em processos parcialmente diferentes e possuir aspectos esculturais singulares. A erosão por ravinamento resulta exclusivamente da ação da chuva e do escoamento superficial concentrado, enquanto as voçorocas, podem ser oriundas de mecanismos mais complexos, no qual existe uma interconexão entre processos associados ao escoamento superficial, à infiltração e à drenagem subsuperficial.

Em síntese, é possível afirmar que as voçorocas são desenvolvidas através de antigas cicatrizes formadas pelos movimentos de massa, pelo aprofundamento de sulcos e ravinas, pela formação

dos dutos, mediante a atuação concomitante dos diferentes mecanismos típicos da morfogênese da vertente, atuantes em diversas escalas temporais e espaciais, tendo como base o próprio sistema hidrogeomorfológico. Assim, neste trabalho considera-se a definição de voçoroca como feição de maior profundidade que as ravinas, permanente na paisagem e de difícil obliteração por maquinário agrícola, podendo ter ou não o afloramento do lençol freático.

Em face do exposto, o entendimento da definição da feição erosiva auxilia na proposição de diretrizes padronizadas, voltadas para a compreensão dos processos atuantes e, por conseguinte, permite a adoção de práticas de conservação e/ou mitigação mais eficientes.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A. O. **Utilização de restituição aerofotogramétrica para análise da influência das alterações da rede de drenagem e desenvolvimento de voçorocas devido a urbanização no município de Jacareí (SP)**. 2015, 53 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Departamento de Geografia, Universidade de Brasília, Brasília, 2015. Disponível em: [https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=3580562](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=3580562). Acesso 11 de set. 2020.

ALBUQUERQUE, A. R. C.; VIEIRA, A. F. S. G. Erosão dos Solos na Amazônia. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. (Org). **Degradação dos Solos no Brasil**. 1ªed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p. 223-260, 2014.

ALENCAR, P. H. L. **Medição e modelagem de voçorocas no bioma Caatinga: O caso da bacia representativa de Madalena, CE**. 2018, 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE, 2018. Disponível em: [https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=5478655](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=5478655). Acesso em: 08 de maio. 2020.

AUGUSTIN, C. H. R. R.; ARANHA, P. R. A. Piping em área de voçorocamento, Noroeste de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 9-18, 2006. Disponível em: <http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/56> Acesso em: 08 de maio. 2019.

AMORE, E. *et al.* Scale effect in USLE and WEPP application for soil erosion computation from three Sicilian basins. In: **Journal of Hydrology**, University of Catania, Italia, n.293, p. 100–114, 2004. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169404000587> Acesso em: 10 de maio. 2019.

ARABAMERI, A. *et al.*, Hybrid Computational Intelligence Models for Improvement Gully Erosion Assessment. **Remote Sens.** v 12, n 140. P. 1-25, Aug. 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/1/140> .Acesso 28 de out. 2020.

AZAREH, A. Semi-arid region, Iran: Investigation of applicability of certainty factor and maximum entropy models. **Science of The Total Environment.** Amsterdam, v. 655, p.684-696, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969718345911> Acesso 28 de out. 2020.

BACCARO, C. A.D. Processos erosivos no Domínio do Cerrado. In: GUERRA, A. J, T; SILVA, A.S; BOTELHO, R. G. M. (Org). **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações.** 10ª ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p. 195-223, 2015.

BACCHI, O. O. S.; REICHARD, K.; SPAROVEK, G. Sediment spatial distribution evaluated by three methods and its relation to some soil properties. **Soil & Tillage Research**, São Paulo, v. 69, p. 117–125, 2003. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198702001332> Acesso em: 6 de abril. 2019.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** 8ª edição. São Paulo: Ícone, 2012, 335 p.

BIFFI, V. H. R. **Evolução de encosta em contexto de paleocabeceira de drenagem da bacia do rio Capão Grande no quaternário tardio - Superfície de Pinhão/ Guarapuava.** 2019, 194 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Centro de Ciências Humanas. Universidade Estadual do Oeste Do Paraná, Francisco Beltrão, 2019. Disponível em: [https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=7637052](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=7637052) Acesso em: 05 de mai. 2020.

BIGARELLA, J.J.; MAZUCHOWSKI, J.Z. In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 2, Maringá, 1985. **Visão integrada da problemática da erosão.** Anais ... ABGE, Livro Guia, P. 332. 1985.

CABRAL, T. L. **Distribuição e classificação de voçorocas por meio de indicadores morfométricos em sub-bacias no município de Cacequi – RS.** 2018 191 f. Tese (Doutorado em Geografia). Instituto de Geografia. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018. Disponível em: [https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=7652357](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=7652357). Acesso em: 05 de mai. 2020.

CARVALHO, J. C. *et al.* In: CARVALHO, J. C. *et al* (Org) **Processos Erosivos no Centro-Oeste Brasileiro**. 1ª ed. Brasília: Editora Finatec, p.39-91, 2006.

CASTILLO, C. *et al.*, Comparing the Accuracy of Several Field Methods for Measuring Gully Erosion. **Soil Science Society of America Journal**, USA. v. 76, nº 4, p.1319-1332, Jul. 2012. Disponível em: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2136/sssaj2011.0390> Acesso 28 de out. 2020.

CASSARO, R. **Análise dos processos erosivos na bacia do Córrego do Forro – município de Conceição da Barra de Minas (MG): estudo dos condicionantes geológicos-geotécnicos**. 2018, 160 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia). Departamento de Geotecnia. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018. Disponível em: [https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=6610031](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=6610031) . Acesso em: 05 de mai. 2020.

CAVALCANTE, LIZANDRA RIBEIRO. **Análise da evolução da paisagem urbana de Goiânia (GO) e a distribuição dos focos erosivos hídricos de 1992 a 2016**. 2019 219 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Instituto de Estudos Socioambientais. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2019. Disponível em [https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=8023235](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=8023235). Acesso em: 05 de mai. 2020.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. 8ª ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p. 93-148, 2008.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**. Viçosa, vol. 27 nº.4. p. 743-753, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v27n4/a19v27n4.pdf> Acesso em: 05 de mai. 2019.

CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do Conhecimento Geomorfológico nos Projetos de Planejamento. In: GUERRA, A. J. T; SILVA, A.S; BOTELHO, R. G. M. (Org). **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. 10ª ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p. 415-440, 2008.

CONFESSOR, J. G.; MACHADO, D. F. T.; RODRIGUES, S. C. Procedimento de revegetação irrigada por carneiro hidráulico em área degradada por voçorocamento. **Revista Sapiência: Sociedade, Saberes e Práticas Educacionais**. Iporá-GO. v. 5, n. 1. P. 112-126, 2016. Disponível em: <https://www.revista.ueg.br/index.php/sapiencia/article/view/5485> .Acesso em: 5 de set. de 2020

DUBE, F. *et al.*, Potential of weight of evidence modelling for gully erosion hazard assessment in Mbire District – Zimbabwe. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 67-69, p. 145-152, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474706514000060> Acesso em: 28 de out. 2020.

DUNNE, T. Hydrology, mechanics and geomorphic implications of erosion by subsurface flow. In: **Ground Water Geomorphology: The Role of Subsurface Water in Earth-Surface Processes and landforms**, Geological Society of America. 1–28, 1990. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/289783741\\_Chapter\\_1\\_Hydrology\\_mechanics\\_and\\_geomorphic\\_implications\\_of\\_erosion\\_by\\_subsurface\\_flow](https://www.researchgate.net/publication/289783741_Chapter_1_Hydrology_mechanics_and_geomorphic_implications_of_erosion_by_subsurface_flow) Acesso 5 de mar. de 2019.

EVANS, M.; LINDSAY, J. High resolution quantification of gully erosion in upland peatlands at the landscape scale. **Earth Surface Processes and landforms**, USA, v. 35, nº 8, p. 876-886, jun. 2010. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/esp.1918> Acesso 28 de out. 2020.

FENDRICH, R. Erosão Urbana. In: FENDRICH, R. *et al.* (Org). **Drenagem e controle da erosão urbana**. 4ª ed. Curitiba. Champagnat, p. 15-50, 1997.

FIORI; SOARES. Aspectos evolutivos das voçorocas. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, SP, v.16, n. 3, p.114-124, 1976.

FROTA FILHO, A. B.; ABREU, N. R. P.; VIEIRA, A. F. S. G. Processo de voçorocamento e feições secundárias: um estudo de caso em Manaus-AM. **Caminhos de Geografia**. Uberlândia-MG v. 21, n. 74, p.313–323, 2020. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/41778>. Acesso: 5 de set. de 2020.

GAROSI, Y. *et al.*, Comparison of differences in resolution and sources of controlling factors for gully erosion susceptibility mapping. **Geoderma**. v. 330, p. 65-78, nov. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016706117322231> .Acesso: 28 de out. 2020.

GAYEN, A. *et al.*, Gully erosion susceptibility assessment and management of hazard-prone areas in India using different machine learning algorithms. **Science of The Total Environment**. Amsterdam, v.668, p.124-138, June. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969719309489>. Acesso 28 de out. 2020.

GUERRA, A. J. T.; GUERRA, A.T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 11ª ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 648p. 2015.

GUERRA, A. J. T. Processos Erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. 8ª ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p. 149-209, 2008.

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**. 10ª ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p. 17-55, 2015.

GLOSSARY OF SOIL SCIENCE TERMS. Soil Science Society of America. Madison, United States, 96p. Disponível em:  
<http://blogs.upm.es/techenglish/wpcontent/uploads/sites/53/2015/05/Soil-Science-glossary.pdf>. Acesso 5 de mar. de 2019.

GOULART, G. A. *et al.* Influência do relevo, cobertura vegetal e atributos do solo para a ocorrência de processos erosivos no município de São Francisco de Assis (RS). In: Simpósio Nacional de Geomorfologia. 11º., 2016, Maringá, **Anais...** Maringá, PR: Departamento de Geografia, 2016. Não paginado. Disponível em  
[:http://www.sinageo.org.br/2016/trabalhos/2/2-38-1544.html](http://www.sinageo.org.br/2016/trabalhos/2/2-38-1544.html) .Acesso 18 de set. 2020.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: a hydrophysical approach to quantitative morphology. **Bulletin of the Geological Society of America**, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945. Disponível em:  
<https://pubs.geoscienceworld.org/gsa/gsabulletin/article-abstract/56/3/275/4075> Acesso 7 de mar. de 2019.

IRELAND, H. A.; SHARPE, C. F. S.; EARGLE, D. H. Principles Of Gully Erosion In The Piedmont Of South Carolina. **Technical Bulletin**. n. 633, p. 43-45, 1939. Disponível em:  
[https://books.googleusercontent.com/books/content?req=AKW5QaeXcGrXmB-fBWfX4h2RVQonpdxgGYXeA4HpjGbfHJL1t\\_JjsmbwpUUDQWJUKE1eUXd1LfuMXlu5J9iMJwCmZ3uzcG\\_B\\_GOc7NfDV6nkloiPMJGDYioMrewdWKge2ojRNFLI5npshrz2RYXWoJjLifzw5qaYtv5Z2DsXEgR3lmiwrHafG8lWXoX-P0tOtpBfu5poShOCHUVsXxchqQv4YQHYYcIKrVR792vOx5ShP0vE2bkKH8S4lJbIvEckLe4H\\_APSPQ5GpgDMqi7aXEt5bTE74fVVdYt8VxrhAmgly0dcYOaHR0GU](https://books.googleusercontent.com/books/content?req=AKW5QaeXcGrXmB-fBWfX4h2RVQonpdxgGYXeA4HpjGbfHJL1t_JjsmbwpUUDQWJUKE1eUXd1LfuMXlu5J9iMJwCmZ3uzcG_B_GOc7NfDV6nkloiPMJGDYioMrewdWKge2ojRNFLI5npshrz2RYXWoJjLifzw5qaYtv5Z2DsXEgR3lmiwrHafG8lWXoX-P0tOtpBfu5poShOCHUVsXxchqQv4YQHYYcIKrVR792vOx5ShP0vE2bkKH8S4lJbIvEckLe4H_APSPQ5GpgDMqi7aXEt5bTE74fVVdYt8VxrhAmgly0dcYOaHR0GU) Acesso 7 de fev. de 2021.

KUHNERT, P. M. *et al.*, Incorporating uncertainty in gully erosion calculations using the random forests modelling approach. **Environmetrics**, v. 21, nº 5, p. 493-509, July, 2010. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/env.999> Acesso 28 de out. 2020.

LAL, RATTAN. **Soil Erosion In The Tropics: Principles e Management**. McGraw-Hill, United States of America, 1990. 580p.

LANE, L. J.; SHIRLEY, E. D.; SINGH, V. P. Modelling erosion on hillslopes. In: ANDERSON, M. G. (Org). **Modelling Geomorphological Systems**, Chichester, UK, John Wiley Sons Ltd. p. 287-307, 1088. Disponível em: <https://www.tucson.ars.ag.gov/unit/publications/PDFfiles/559.pdf>. Acesso em: 25 maio. 2020.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. 2ª.ed. Oficina de Texto, São Paulo, 2010. 216p.

LIMA, A. P. M. **Distribuição Espacial dos processos de voçorocamento no médio Vale do Rio Paraíba do Sul-RJ**. 2019, 97 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Departamento de Geografia e Meio Ambiente. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: [https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=8096512](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=8096512) Acesso 18 de set. 2020.

LISBOA, G. S. **Processos erosivos por voçorocamento em linha de transmissão de energia no município de São Luís - MA**. 2018 127 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Instituto de Geografia. Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2018. Disponível em: [https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=7477563](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=7477563). Acesso 18 de set. 2020.

LISBOA, G. S. *et al.*, Evolução dos processos erosivos na bacia do rio Bacanga no município de São Luís, Estado do Maranhão. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia. 11º., 2016, Maringá, **Anais...** Maringá, PR: Departamento de Geografia, 2016. Não paginado. Disponível em : <http://www.sinageo.org.br/2016/trabalhos/2/2-509-1047.html>. Acesso 18 de set. 2020.

IPT. **Controle de Erosão: bases conceituais e técnicas; diretrizes para o planejamento urbano e regional; orientações para o controle de boçorocas urbanas**. São Paulo, 1989.

MARCHIORO, *et al.*, Voçorocas no Brasil: aspectos conceituais, dimensionais e metodológicos. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia. 11º., 2016, Maringá, **Anais...** Maringá, PR: Departamento de Geografia, 2016. Não paginado. Disponível em : <http://www.sinageo.org.br/2016/trabalhos/2/2-500-930.html>. Acesso 18 de set. 2020.

MATIAZO, S. **Evolução espaço-temporal de voçorocas na bacia hidrográfica do Córrego Tatuquara (1980-2016), Terra Rica – PR**. 2018, 116 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2018.

Disponível em:

[https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=6395372](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=6395372). Acesso 23 de set. 2020.

MARQUEZ, J. A. C. **Estudo do modelado atual da paisagem da cidade de Pacaraima - RR a partir da análise da ação antrópica e feições erosivas**. 2018, 107 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Departamento de Geografia, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2018. Disponível em:

[https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=6314052](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=6314052). Acesso 23 de set. 2020.

MELO, M. C. S. **Estudo das feições erosivas lineares na sede do município de Pacaraima-RR**. 2017, 103 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Departamento de Geografia, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2017. Disponível em:

[https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=5008494](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=5008494). Acesso 22 de set. 2020.

MORGAN, R. P. C. **Soil erosion and conservation**. 3<sup>a</sup> ed. Oxford – UK. Blackwell Publishing Ltd, 2005.

NUNES, A. N.; ALMEIDA, A. C.; COELHO, C.O. A. impacts of land use and cover type on runoff and soil erosion in marginal area of Portugal. **Applied Geography**, v 31.p 687-699, 2011. Disponível em:[http://cdn.intechopen.com/pdfs/23111/InTech-Soil\\_erosion\\_under\\_different\\_land\\_use\\_and\\_cover\\_types\\_in\\_a\\_marginal\\_area\\_of\\_portugal.pdf](http://cdn.intechopen.com/pdfs/23111/InTech-Soil_erosion_under_different_land_use_and_cover_types_in_a_marginal_area_of_portugal.pdf) Acesso em: 7 de mar. 2019.

OLIVEIRA, M. A. T. Processos Erosivos e Preservação de Áreas de Risco de e Erosão por Voçorocas. In: GUERRA, A. J, T; SILVA, A.S; BOTELHO, R. G. M. (Org). **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. 10<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p. 57-99, 2015.

OLIVEIRA, M. A. T. Erosion Disconformities and Gully Morphology: A Threedimensional Approach. In: **Catena**, Germany, v.16, n. (4-5). p.413-423, 1989. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0341-8162\(89\)90024-6](https://doi.org/10.1016/0341-8162(89)90024-6) Acesso 22 de set. 2020.

PERROY, R. L. Comparison of gully erosion estimates using airborne and ground-based LiDAR on Santa Cruz Island, California. **Geomorphology**, Netherlands, v. 118, n° 3-4, p.288-300, jun. 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169555X10000358> Acesso 28 de out. 2020.

PINTO, B. L. **Dinâmica geomorfológica de voçorocas no município de Tucano/BA**. 2018, 130 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2018. Disponível em: <file:///C:/Users/julia/Downloads/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20%20Bismarque%20Lopes%202018.pdf>. Acesso em: 8 de ago. 2020.

POESEN, J. *et al.* 2003. Gully Erosion and Environmental Change: Importance and Research Needs. **Catena**. Amsterdam. v. 50 (2-4): p.91-133. Jan. 2003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0341816202001431>. Acesso em: 8 de mar. 2019.

POESEN, J. W.; VANDAELE, K.; VAN WESEMAEL, B. Contribution of gully erosion to sediment production on cultivated lands and rangelands. In: Erosion and Sediment Yield: Global and Regional Perspectives , (**Exeter Symposium**) [S.I.: s.n, 1996] p. 251-266. Disponível em: [http://hydrologie.org/redbooks/a236/iahs\\_236\\_0251.pdf](http://hydrologie.org/redbooks/a236/iahs_236_0251.pdf) Acesso 11 de mar. 2019.

POESEN, J. W. A.; TORRI, D. B.; VANWALLEGHEM, T. Gully Erosion: Procedures to Adopt When Modelling Soil Erosion in Landscapes Affected by Gullyng. In:

POURGHASEMI, H. R. *et al.*, Performance assessment of individual and ensemble data-mining techniques for gully erosion modeling. **Science of The Total Environment**. Amsterdam, v.609, p.764-775, Dec. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969717319010> Acesso 28 de out. 2020.

MORGAN, R. P. C.; NEARING, M. A. (Org). **Handbook of Erosion Modelling**. United States. Blackwell, p.360-386, 2011.

RAHMATI, O. *et al.*, (2014); Evaluating the influence of geo-environmental factors on gully erosion in a semi-arid region of Iran: An integrated framework. **Science of The Total Environment**. Amsterdam, v. 579, p.913-927. Feb. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969716323658> Acesso 28 de out. 2020.

RIBEIRO, R. M. **Aspectos físicos e a vegetação de voçorocas no município de Jataí, sudoeste de Goiás**. 2015, 72 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Instituto de Estudos Socioambientais. Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2015. Disponível em: [https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=3470427](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=3470427). Acesso 17 de set. 2017.

RITTER, J.; ENG, P. Soil Erosion — Causes and Effects. **FactSheet**. Ontário v. 87.040. out. 2012. Disponível em: <http://www.omafra.gov.on.ca/english/engineer/facts/12-053.htm#3> Acesso 17 de abril, 2017.

ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R.; LAURENT, F. Compartimentação do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, através do uso de geomorphons obtidos em classificação topográfica automatizada. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v.17, n.2, p.287-298, 2016. Disponível em: <http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/857/534> Acesso em: 09 fev. 2021.

ROCHA, E. A. V. **Processos de Voçorocamento na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Vai Vem (Ipameri-GO)**. 2012, 171 f. Tese (Doutorado em Geografia) Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/15947> Acesso 11 de mar. 2019.

RODRIGUES, S. C. Degradação dos solos no Cerrado. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. (Org). **Degradação dos Solos no Brasil**. 1ªed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p. 51-85, 2014.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e Prevenção de Processos Erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A.S; BOTELHO, R. G. M. (Org). **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. 10ª ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p. 229-268, 2015.

SAMPAIO, LIGIA DE FREITAS. **Fractal, multifractal and lacunarity as new analytical tools for gullies: A case study**. 2019 201 f. Tese (Doutorado em Geotecnia) Departamento de Geotecnia. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018. Disponível em: [https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=7754500](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=7754500). Acesso 11 de mar. 2020.

SELBY, M. J. **Hillslope Materials and Processes**. 2ª.ed Oxford, New York, 2005. 451. p

SHI, Z. H. *et al.*, Modeling the impacts of integrated small watershed management on soil erosion and sediment delivery: A case study in the Tree Gorges Area, China. **Journal of Hydrology**, v. 438–439, p. 156-167. 2012. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169412002132> Acesso 18 de mar. 2019.

SILVA, A.S.; BOTELHO, R. G. M. Degradação dos Solos no Estado do Rio de Janeiro. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. (Org). **Degradação dos Solos no Brasil**. 1ªed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p. 261-292, 2014.

SIQUEIRA JUNIOR, P. S. **Avaliação metrológica de modelos digitais de elevação obtidos por Veículo Aéreo Não Tripulado, aplicados a estudos de processos erosivos do solo.** 2018. 103 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologias e Inovações Ambientais) Instituto de Tecnologias e Inovações Ambientais, Universidade Federal De Lavras, Lavras, 2018. Disponível em:  
[http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/30855/1/DISSERTA%20%2087%20%2083O\\_Avalia%20%20a7%20%20a3o%20metrol%20%20b3gica%20de%20modelos%20digitais%20de%20eleva%20%20a7%20%20a3o%20obtidos%20por%20ve%20%20adculo%20a%20%20a9reo%20n%20%20a3o%20tripulad%20%20o%20%20aplicados%20a%20estudos%20de%20processos%20erosivos%20do%20solo.pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/30855/1/DISSERTA%20%2087%20%2083O_Avalia%20%20a7%20%20a3o%20metrol%20%20b3gica%20de%20modelos%20digitais%20de%20eleva%20%20a7%20%20a3o%20obtidos%20por%20ve%20%20adculo%20a%20%20a9reo%20n%20%20a3o%20tripulad%20%20o%20%20aplicados%20a%20estudos%20de%20processos%20erosivos%20do%20solo.pdf)  
 Acesso em: 25 maio. 2020.

SOUZA, L. F. T. **Modelagem de processos erosivos em área de contatos geológicos no Alto Paranaíba.** 2017 144 f. Dissertação (Mestrado em agronomia). Departamento de Solos. Universidade Federal De Viçosa, Viçosa, 2017. Disponível em:  
<https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/11584>. Acesso 23 de set. 2020.

TEIXEIRA, I. I. L. **Evolução do uso da terra, erosão dos solos e fragmentação da vegetação na APA do Rio Descoberto no Distrito Federal e Goiás.** 2018, 140f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Departamento de Engenharia Florestal. Universidade de Brasília, Brasília, 2018. Disponível em:  
[https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=6420488](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=6420488). Acesso 23 de set. 2020.

UTSUMI, A. G. **Detecção automática de voçorocas a partir da análise de imagens baseada em objetos geográficos – Geobia.** 2019, 84 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Departamento de Engenharia e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Jaboticabal, 2019. Disponível em:  
[https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=7660768](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=7660768). Acesso 23 de set. 2020.

VIEIRA, A. F. G. **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM): principais fatores controladores e impactos urbano-ambientais.** 2008, 223 f. Tese (Doutorado em Geografia). Departamento de Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008. Disponível em:  
<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/91352>. Acesso 23 de set. 2020.

VRIELING, A. *et al.*, Automatic Identification of Erosion Gullies With Aster Imagery In The Brazilian Cerrados. **International Journal of Remote Sensing**. vol. 28, n. 12, 2007, p. 2723–2738. Disponível em:  
[https://www.researchgate.net/publication/233517904\\_Automatic\\_identification\\_of\\_erosion\\_gullies\\_with\\_ASTER\\_imagery\\_in\\_the\\_Brazilian\\_Cerrados](https://www.researchgate.net/publication/233517904_Automatic_identification_of_erosion_gullies_with_ASTER_imagery_in_the_Brazilian_Cerrados) Acesso 23 de set. 2020.

ZABIHI, M. *et al.*, Spatial modelling of gully erosion in Mazandaran Province, northern Iran. **Catena**, Germany. v. 161, p. 1-13, fev. 2018. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0341816217303351#!> Acesso 28 de out. 2020.

WISCHMEIER, V. H.; SMITH, D. D. **Predicting Rainfall – Erosion Losses from Cropland East of the Rocky Mountains: guide for selection of practices for soil conservation.** 49. p. Departamento of Agriculture, 1965. Disponível em: [http://topsoil.nserl.purdue.edu/usle/AH\\_282.pdf](http://topsoil.nserl.purdue.edu/usle/AH_282.pdf) Acesso em: 25 de mar. 2019.

YITBAREK, T. V.; BELLIETHATHAN, S.; STRINGER, L. C. The onsite cost of gully erosion and cost-benefit of gully rehabilitation: A case study in Ethiopia. **Land Degradation & Development**, v.23, n°2, p.157-166, april, 2012. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/ldr.1065> Acesso 28 de out. 2021.

---

## CAPÍTULO IV

---

*“O real não está na saída nem na chegada!  
Ele se dispõe para a gente é no meio da travessia”.*  
(Guimarães Rosa, p. 85)

### **ESTUDOS SOBRE VOÇOROCAS: uma avaliação da produção científica brasileira (2009/2019)<sup>11</sup>**

**Resumo:** A Bibliometria possibilita a observação do estado da ciência por meio dos registros acadêmicos. Configura-se em uma investigação fundamental direcionada para os estudos analíticos da produtividade em determinada área do conhecimento. Esta pesquisa teve como objetivo caracterizar o panorama da produção científica em erosão dos solos por voçorocas a partir dos resumos de teses e dissertações publicadas por pesquisadores no Brasil, com o intuito de identificar os atores institucionais e contribuir para a construção de um banco de dados sólido capaz de oferecer subsídios para investigações futuras. Foram analisados junto ao Banco de Teses da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) 127 trabalhos publicados no período de 2009 a 2019. O *software* IRAMUTEQ foi empregado como ferramenta de análise textual, configurando-se um importante recurso no estudo bibliométrico. Os resultados apontam os anos de 2016 a 2018 os de maiores quantidades de defesas de teses e dissertações. Foi observado o predomínio da escala local sobre as demais em todas as pesquisas. Os programas de pós-graduação da ciência geográfica são responsáveis pela maior produção acadêmica, correspondendo a 47,2 % de todas as publicações no recorte temporal adotado. Com destaque também para a ciência agrônoma, representando 9,4%. A região Sudeste apresenta a maior quantidade de universidades e, por conseguinte, o maior número de orientadores dos trabalhos voltados para a temática supracitada. É importante ressaltar, nesse contexto, a participação das instituições no papel da evolução da ciência, alicerçado pela multiplicidade dos trabalhos produzidos.

**Palavras-chave:** Voçorocas, Geografia, Bibliometria, Erosão do solo.

**Abstract:** Bibliometrics makes it possible to observe the state of science through academic records. It is configured in a fundamental investigation directed to the analytical studies of productivity in a determined area of knowledge. This research aimed to characterize the panorama of scientific production in soil erosion by gullies from the abstracts of theses and dissertations published by researchers in Brazil, in order to identify the institutional actors and contribute to the construction of a solid database able to offer subsidies for future investigations. 127 works published in the period from 2009 to 2019 were analyzed with the Banco de Teses da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). The Iramuteq software was used as a textual analysis tool, configuring an important resource in the bibliometric study. The results show the years 2016 to 2018 with the greatest number of thesis and dissertation defenses. The predominance of the local scale was observed over the others in all surveys. Geographic science graduate programs are responsible for the largest academic production, corresponding to 47.2% of all publications in time frame adopted. Also highlighting agronomic science, representing 9.4%. The Southeastern region has the largest number of universities and, therefore, the largest number of supervisors of works focused on the aforementioned theme. It is important to emphasize in this context, the participation of institutions in the role of the evolution of science, based on the multiplicity of works produced.

**Key-words:** Gullies, Geography, Bibliometrics, Soil Loss.

---

<sup>11</sup> Resumo publicado na seção “Leia Cientistas” na página institucional da Universidade Federal de Uberlândia.

## INTRODUÇÃO

As voçorocas são feições estabelecidas na vertente tanto pela ação humana quanto pelos processos naturais de esculturação do relevo. Os impactos acarretados pelo estabelecimento dessas formas na paisagem imprimem prejuízos ambientais, econômicos e sociais. Visto que os problemas relacionados à erosão são influentes tanto nos locais onde os solos são erodidos, tendo a sua fertilidade natural e a área de terrenos utilizáveis comprometidas, quanto em áreas afastadas, que sofrem a influência do assoreamento e de inundações em espaços urbanos.

As áreas atingidas por voçorocas praticamente são inviáveis para a utilização agrícola, pecuária ou qualquer estrutura urbana. Nas cidades essas feições muitas vezes se tornam depósitos de lixo doméstico ou industrial, agravando ainda mais a degradação dos solos e a contaminação do lençol freático (ALBUQUERQUE; VIEIRA, 2014). Como apresentado nos estudos de Silva Machado, Silva Nascimento e Rodrigues (2003), ao indicarem na bacia hidrográfica do Ribeirão Douradinho<sup>12</sup>, o estabelecimento do processo de degradação ambiental através da alteração da qualidade química da água e da contaminação do manancial pelo descarte de pneus e entulhos.

A perda de valorização dos imóveis rurais, a redução de água no solo, o comprometimento de estradas e do escoamento dos produtos agropecuários são exemplos da grandeza dos danos decorrentes dos processos erosivos.

Christofoletti (2008) afirma que as diferentes formas de uso da terra interferem na intensidade da erosão dos solos e conseqüentemente na dinâmica das vertentes. O transporte dos sedimentos pode acarretar impactos nas atividades localizadas no sopé das encostas ou nas partes a jusante dos vales, devidos aos processos de sedimentação.

Os impasses originários da erosão dos solos urbanos ou rurais são provenientes de ações inadequadamente planejadas e têm chamado a atenção de diversos pesquisadores para a compreensão da dinâmica dos processos atuantes e para o desenvolvimento de soluções para a maior produtividade agrícola em detrimento das perdas por erosão (SILVA; BOTELHO, 2014).

Considerando essa problemática, várias áreas do conhecimento têm ganhado expressividade nos estudos voltados para a compreensão da geodinâmica terrestre, em que o entendimento da gênese e evolução das voçorocas juntamente com as diferentes técnicas de monitoramento e

---

<sup>12</sup> A bacia do Ribeirão Douradinho está localizada no município de Uberlândia, Minas Gerais e Monte Alegre de Minas -MG.

mitigação de impactos têm facilitado a interpretação da paisagem frente às respostas geomorfológicas de uso da terra.

O modelado terrestre constitui a base sobre as quais se fixam as populações humanas, que desenvolvem os seus diferentes modos de vida, compondo os valores sociais e econômicos (MARQUES, 2008). É o palco da produção e reprodução do espaço ao longo dos anos, evidenciando a complexidade da interferência antrópica no meio físico e as possíveis decorrências.

É nesse contexto que a Geografia se mostra indispensável na compreensão da dicotômica relação entre a Sociedade e a Natureza, em que o papel do geógrafo na proposição de soluções, de diagnóstico ambiental e controle de riscos geomorfológicos assume destaque (SAADI, 1997). É fundamentado nessa ciência de caráter integrador que o profissional aproveita para aplicar o conhecimento técnico-científico, e assim, contribuir para as ações de planejamento (TOMÉ; REIS, 2001).

Entender as interações ambientais, a dinâmica de funcionamento dos processos são aspirações intrínsecas ao humano, não obstante, a busca pelo conhecimento é consubstancial a nossa essência.

Suertegaray (2005, pág. 38) afirma que a pesquisa é “uma forma de aprender, de compreender, de explicar o mundo em que vivemos”. E chama a atenção para o valor do manutenção de uma base de conhecimento robusta, capaz de responder oportunamente os questionamentos da sociedade.

Ao considerar a temática dos processos erosivos é fundamental a participação da academia na divulgação das metodologias e técnicas desenvolvidas para a diminuição dos impactos gerados, uma vez que, o assoreamento, o empobrecimento dos solos juntamente com a desvalorização da propriedade rural são elementos interferentes no equilíbrio ambiental, na economia local e consequentemente no ordenamento do território.

Com o intuito de conhecer os procedimentos técnicos-operacionais, as instituições de ensino, bem como, as tendências das pesquisas brasileiras, voltadas para a temática voçoroca, este trabalho propôs o mapeamento das teses e dissertações desenvolvidas nos diferentes Programas de Pós-Graduação entre os anos de 2009 a 2019, considerando as diversas áreas do conhecimento, contudo, com maior atenção para a Ciência Geográfica.

A Base de dados utilizada foi o Catálogo de Teses e Dissertações desenvolvido pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior). A revisão bibliográfica empregada foi subsidiada pela utilização de ferramentas de análise bibliométrica e tecnológica, o *software* IRAMUTEQ.

Desta forma serão apresentados os resultados obtidos por meio do levantamento bibliométrico sobre a distribuição das publicações anuais e discutido algumas vicissitudes intrínsecas ao fazer científico.

## 4.1 REVISÃO DE CONCEITOS

### 4.2.1 Bibliometria

Segundo Spinak (1996), a Bibliometria é o estudo dos aspectos quantitativos da produção, divulgação e uso da informação registrada com a utilização de métodos matemáticos e estatísticos. Pode ser definida como um método de análise quantitativa para pesquisa científica (SU; LEE, 2010).

A Bibliometria é uma ferramenta capaz de avaliar a produção científica de um país em um determinado nível de especialização, uma vez que, os dados podem evidenciar o comportamento e desenvolvimento de uma área do conhecimento, atuais tendências de pesquisa (OKUBO, 1997; ARAÚJO; ALVARENGA, 2011). Fornecendo informações relevantes, contribuindo assim, para a tomadas de decisões e gerenciamento das pesquisas (OKUBO, 1997; SU; LEE, 2010; ARAÚJO; ALVARENGA, 2011; CHUEKE; AMATUCCI, 2015).

De acordo com Chueke e Amatucci (2015), a análise bibliométrica é baseada na enumeração e investigação estatística de artigos, publicações, citações dentre outros elementos. Permite o mapeamento das origens dos conceitos, a identificação das lentes metodológicas empregadas em trabalhos anteriores, e ao mesmo tempo a difusão de métodos quantitativos direcionados para o comportamento de comunidades, autores e publicações em distintas áreas de conhecimento, e também em outras instituições (ARAÚJO; ALVARENGA, 2011).

As técnicas bibliométricas têm evoluído para propiciar medições mais detalhadas e eficazes, considerando, cada vez mais, indicadores relevantes na análise da produção acadêmica, seja na

contagem de artigos com atribuição por país, por instituição e por autor e o cálculo de citações (OKUBO, 1997).

É sabido que os dados de produção científica podem ser constituídos embasados num amplo espectro de publicações, como: artigos, livros, teses e dissertações (SOARES *et al.*, 2015). Ao ter como objeto a análise de campos científicos a Bibliometria costuma ser denominada de Cienciometria ou Cientometria (SPINAK, 1996; VANTI, 2002; ARAÚJO; ALVARENGA, 2011).

Para os autores Araújo e Alvarenga (2011), a análise da produção científica é a reificação da própria ciência. Chueke e Amatucci (2015) partem da premissa de que o conhecimento científico é cumulativo e cooperativo.

Os trabalhos encarregados em sistematizar a produção científica configuram-se em bases auxiliares de novas pesquisas, evidenciando os encaminhamentos metodológicos e os vazios existentes em diferentes temáticas, contribuindo assim, para a produção do conhecimento (OKUBO, 1997; PIMENTA *et al.*, 2017).

Araújo e Alvarenga (2011) definem as publicações como produtos da ciência e os estudos de natureza bibliométrica como instrumentos relevantes na análise de um campo científico. Tais estudos permitem um maior conhecimento a respeito dos pesquisadores e instituições envolvidas, das temáticas abordadas, das bases epistemológicas adotadas, dos períodos considerados, dentre outras inúmeras variáveis.

Inseridos nesse contexto de sistematização ou revisão integrativa de literatura, diversos pesquisadores têm-se dedicado à análise da produção acadêmica nacional. Com a pretensão de exemplificar a aplicação dos estudos bibliométricos nos muitos campos do saber, alguns trabalhos estão resumidamente citados a seguir. No entanto, considerando o norteamto deste trabalho, as pesquisas, fundamentadas na ciência geográfica, afluem com maior ênfase frente às outras.

Suertegaray (2005) analisou a produção de teses e dissertações dos 29 Programas de Pós-Graduação recomendados pela CAPES, entre os anos de (2000 e 2003). A pesquisadora percebeu um deslocamento da análise na Geografia Física para Geografia Ambiental e ainda uma predominância da Geografia Humana sobre os demais campos analisados. As mesmas conclusões foram alcançadas no ano de 2007, ao caracterizar a produção geográfica no sul do país através das publicações pertencentes às revistas Ra'ega (Universidade Federal do Paraná-

UFPR), Geosul (Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC) e Boletim Gaúcho de Geografia (Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUC Minas).

Cavalcanti Júnior e Oliveira (2007), considerando a contaminação do lençol freático, valeram-se dos estudos bibliométricos nas análises de tendências do Índice DRASTIC<sup>13</sup> e constataram o crescimento de produção na temática, sobretudo, em países emergentes e em desenvolvimento.

Barreto, Barros e Sparovek (2008), ao realizarem uma revisão sistemática da literatura sobre erosão acelerada do solo, a partir da compilação de artigos científicos, produzidos entre os anos de 1949 até 2007, entenderam que a temática em voga ainda é recente na pesquisa brasileira, havendo ênfase nos trabalhos relacionados a USLE<sup>14</sup> (*Universal Soil Loss Erosion*) e ainda uma concentração da produção científica nos estados do Sul e do Sudeste.

Silva *et al.*, (2014), embasados na metodologia de análise bibliométrica para o diagnóstico da produção científica sobre a utilização do Sensoriamento Remoto na agricultura de precisão, identificaram que a maior frequência do uso dessa geotecnologia tem ocorrido no nível terrestre com enfoque na caracterização espectral de solos e de plantas, o que permite o aprimoramento e o lançamento de novos sistemas sensores comerciais.

Faria e Alves (2016) também se valeram das técnicas de bibliometria, análise espacial e de conteúdo no exame do acervo da Revista Caderno de Geografia, ponderando títulos, palavras-chave, resumo e corpo dos textos, além de autorias, coautorias e filiação de origem dos trabalhos. Os autores apuraram que a revista apresentou uma grande diversidade autoral, porém com produtividade marcada por uma pequena parte dos autores responsáveis por um volume robusto de trabalhos.

Neves e Machado (2017) utilizaram dos estudos bibliométricos com a finalidade de compreender o desenvolvimento da pesquisa geográfica brasileira (em teses e dissertações) concernente ao Geossistema, entre 1971 e 2011, no estado de São Paulo. O trabalho resultou na sistematização das contribuições científicas e na reafirmação das pesquisas de cunho geossistêmico no desenvolvimento dos estudos ambientais.

Salgado e Limoeiro (2017), pretendendo traçar um panorama da produção brasileira em Geomorfologia, entre janeiro de 2011 e dezembro de 2015, quantificaram e analisaram a

---

<sup>13</sup>Metodologia utilizada na análise da vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas.

<sup>14</sup>Equação desenvolvida pela Universidade de Purdue (USA) e depois, revisada por Wischmeier e Smith (1965 e 1978)

produção científica dos principais periódicos geomorfológicos (nacionais e internacionais). Os autores explicaram o aumento da produção geomorfológica brasileira como resultado da cooperação entre os pesquisadores das diferentes instituições.

Queiroz Filho (2018) realizou um mapeamento bibliométrico da produção científica que continha o termo análise espacial (AE) nos títulos, resumos ou palavras chaves, no período de 1950 a 2017. Houve um crescimento expressivo das publicações dos artigos relacionados à AE, em especial, após a década de 1990, nas inúmeras áreas da ciência.

Melo (2016) elucida que os SIGs atendem a um grande leque de finalidades cartográficas e espaciais, tendo uma série de aplicações em ciências humanas, exatas e biológicas. Assim, almejando compreender a preponderância do tema em contexto internacional, o referido autor utilizou-se de procedimentos bibliométricos na análise de periódicos internacionais (2006-2015). Identificou que os principais autores estão ligados ao campo de estudo da Geografia, contudo, apesar da maior parte das publicações pertencerem a essa área, os principais periódicos são multidisciplinares. Os Estados Unidos, a China e a Europa Ocidental lideram as pesquisas relativas aos SIGs, sendo o Brasil relevante no cenário sul americano e muito aquém no cenário global.

### *Software IRAMUTEQ*

Considerando os apontamentos mencionados, é conhecida a relevância da produção científica para a evolução do conhecimento. Frente a essa realidade, o desenvolvimento de *softwares* tem oferecido inúmeras vantagens na análise de dados. Como, o auxílio na organização e separação de informações e a facilidade na localização dos segmentos de texto (CAMARGO; JUSTO, 2013). Permitindo ainda, a identificação das circunstâncias em que as palavras aparecem, além de possibilitar a análise lexical e a divisão do texto em classes hierárquicas a partir dos segmentos de textos que compartilham o mesmo vocabulário (SALVIATI, 2017).

A análise de dados textuais, ou análise lexical, permite a descrição do material produzido, podendo também ser empregada com a finalidade comparativa, relacional, correlacionando produções diferentes em função de variáveis específicas (CAMARGO; JUSTO, 2013).

Segundo Chartier e Meunier (2013), o uso de *softwares* específicos para análise de dados textuais tem sido muito aplicado em estudos na área de Ciências Humanas e Sociais, principalmente naqueles estudos em que o *corpus* a ser analisado é bastante volumoso.

O uso dessas técnicas de manipulação e apresentação de informações desencadeia novas possibilidades de interpretação (SALVIATI, 2017). Em especial pelo rigor estatístico característico apresentado na análise lexical (CAMARGO; JUSTO, 2013).

É nesse contexto que alguns programas informáticos de análise textual baseados em estatísticas foram desenvolvidos. Em destaque para o *software* gratuito IRAMUTEQ<sup>15</sup> (*Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires*), apoiado no *software* R<sup>16</sup> e na linguagem *Python*<sup>17</sup>. Desenvolvido inicialmente na língua francesa por Pierre Ratinaud no ano de 2009.

Atualmente é composto por um dicionário em diversas línguas e tem sido utilizado no Brasil desde 2013 (CAMARGO; JUSTO, 2013; SALVIATI, 2017). Salviati (2017) ressalta o estágio inacabado do dicionário em língua portuguesa<sup>18</sup>, contudo considera-o satisfatório.

Como já mencionado, o IRAMUTEQ utiliza-se do pacote integrado de *software* estatístico (R), responsável por simplificar o trabalho com dados, cálculos e exibição de gráficos. Uma vez que, os recursos contemplam um gerenciador de dados e armazenamento, operadores para cálculos, ferramentas para análise exibição de dados, além dos recursos de programação para os usuários avançados (SALVIATI, 2017).

Camargo e Justo (2013), juntamente com Salviati (2017), afirmam que as análises de dados textuais proporcionadas pelo IRAMUTEQ contemplam desde a lexicografia básica, baseada no cálculo das frequências das palavras, até as análises de classificação hierárquica descendente (CHD), similitude e nuvem de palavras, dispostos de maneira visualmente didática.

---

<sup>15</sup> Disponível para *download* no site <https://sourceforge.net/projects/iramuteq/>

<sup>16</sup> [www.r-project.org](http://www.r-project.org)

<sup>17</sup> [www.python.org](http://www.python.org)

<sup>18</sup> Idioma português de Portugal.

## 4.2 PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS E METODOLÓGICOS

Para a organização inicial deste trabalho foi realizada a consulta no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, com o intuito de elaborar um banco de dados consistente que oferecesse suporte para pesquisa e as posteriores análises. A CAPES é uma fundação do Ministério da Educação e Cultura (MEC), possui uma função relevante na expansão e consolidação da pós-graduação brasileira (CAPES, 2020).

A CAPES disponibiliza os resumos das pesquisas apresentadas nos programas de pós-graduação do país através de um sistema de investigação bibliográfica que reúne registros desde 1987, no qual é possível fazer uma busca avançada das publicações por meio de diferentes filtros, a saber: temática, tipo (mestrado ou doutorado); ano de defesa, autor, orientador, banca, área de concentração, instituição, biblioteca entre outros. Além de disponibilizar os trabalhos completos em anexo<sup>19</sup> (CAPES, 2020).

A disposição das informações na Plataforma CAPES facilita a pesquisa concedendo suporte bibliográfico capaz de subsidiar trabalhos acadêmicos futuros, além de evidenciar os rumos da produção científica no território brasileiro em suas diferentes áreas do conhecimento.

A temática inserida no campo de busca do banco de dados da CAPES foi “Voçoroca”, os dados foram coletados em janeiro de 2020 e o intervalo de tempo considerado foi de (2009-2019). Com o propósito de conhecer as abordagens realizadas nos primeiros trabalhos sobre o tema, no campo da Geografia, e a título de curiosidade, considerou-se também as publicações em 1997. Contudo, não fizeram parte das análises realizadas pois são anteriores ao recorte temporal adotado.

Foram apreciados 42 programas de pós-graduação<sup>20</sup> e analisados 127 trabalhos, sendo 94 dissertações de mestrado e 33 teses de doutorado, organizados no banco de dados por título, área, ano de publicação, instituição e localização geográfica. Das 94 dissertações avaliadas, duas são oriundas de Mestrado profissional.

Para os trabalhos que não tiveram os seus resumos disponibilizados na plataforma, porque são anteriores a sua criação, foi feita uma averiguação nos repositórios específicos dos cursos.

---

<sup>19</sup> Somente os trabalhos a partir do ano de 2012 possuem anexo na extensão PDF na plataforma.

<sup>20</sup> A quantidade de programas está relacionada ao filtro de busca adotado na Plataforma CAPES. Ao inserir a palavra “voçoroca” (2009-2019) são listados 42 programas.

Foram analisados os títulos de todos os trabalhos produzidos no recorte espacial estipulado e também pesquisado as palavras chaves dos trabalhos acadêmicos no campo da Geografia.

No campo da ciência agrônoma foram identificados quatro programas com as seguintes nomenclaturas: “Agronomia”, “Agronomia - Ciência dos Solo”, “Agronomia - Solos e Água” e “Agronomia Nutrição das Plantas”. Já na ciência geográfica foram constatadas cinco nomenclaturas, a saber: “Geografia”, “Geografia Física”, “Geografia - Natureza e Dinâmica do Espaço”, “Geografia - Tratamento da Informação Espacial” e “Geografia – Campus Jataí”

Com o propósito de deixar as informações com aspecto mais didático, agrupou-se alguns dos programas de mesmo nome e/ou que possuíam alguma especificidade em relação à área de concentração, sintetizados respectivamente em: “Agronomia” e “Geografia”, somando o total de 42 programas.

Após a construção do banco de dados específico foram engendradas as linhas de comando e codificação do corpo do texto analisado com a utilização do *software* IRAMUTEQ<sup>21</sup>, aproveitado como ferramenta auxiliar na análise estatísticas das informações textuais.

A codificação<sup>22</sup> consiste na criação de um documento de texto em formato UTF-8, sem parágrafos, parênteses, colchetes, travessão, meia-risca e apóstrofes. Ao subscrever o texto, os substantivos compostos devem ter o subtraço (*underline*) inserido entre as palavras para manter a união dos vocábulos conjuntos, exemplo: *bacia\_hidrográfica*.

Com o corpus textual estabelecido nas configurações de leitura do IRAMUTEQ, as funções análise de similitude e nuvem de palavras foram aplicadas. Como consequência foi possível compreender a estrutura de construção do texto e temas de significativa relevância.

Das 52 formas (palavras componentes dos títulos), 38 foram consideradas respeitando a frequência mínima de 4 ocorrências. Optou-se pelo gráfico estático e com formação de árvore máxima devido ao aspecto visual de melhor qualidade.

A nuvem de palavras foi construída a partir de um simples indicador de frequência, demonstrando um compêndio de vocábulos estruturados no formato de nuvem, as palavras são apresentadas de tamanhos diferentes, em que as maiores são aquelas que possuem determinada importância no corpus textual. No processo de criação da nuvem, antepôs-se as configurações

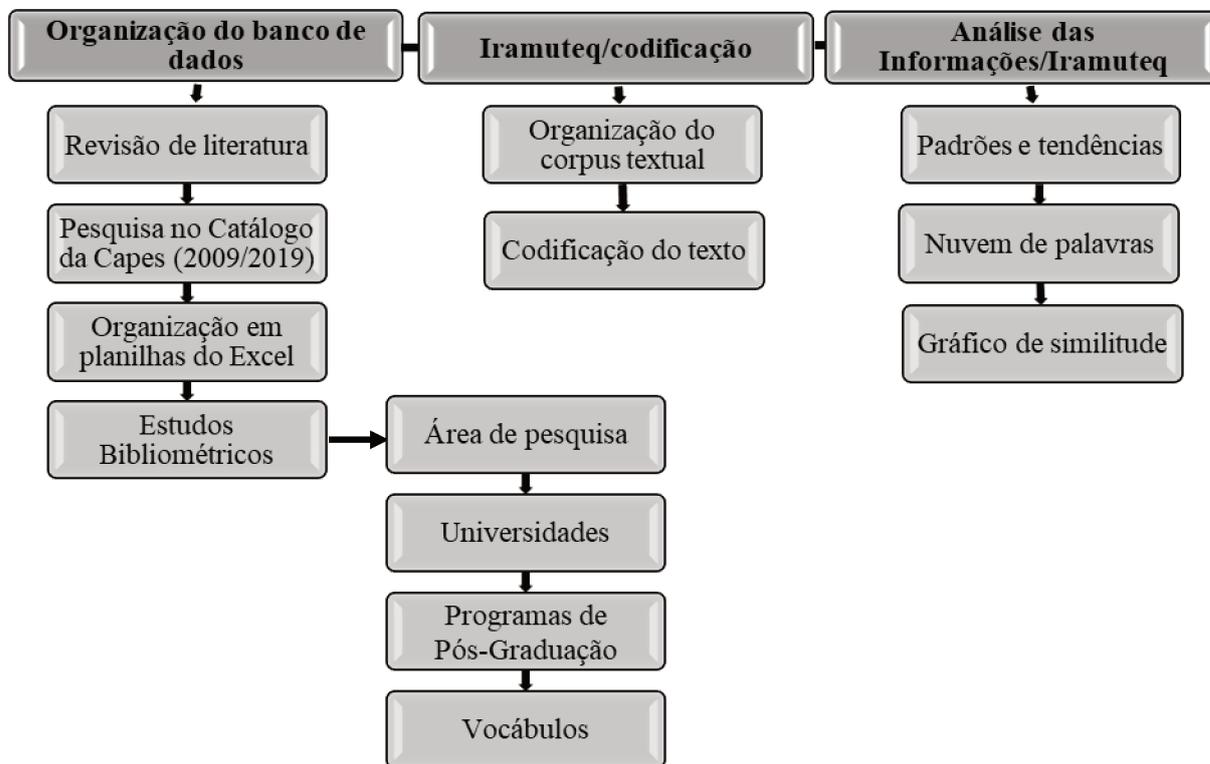
---

<sup>21</sup> (Versão 0.7 Alpha 2 e R Versão 3.2.3)

<sup>22</sup>Tutorial de utilização do Iramuteq. Disponível no site <http://www.iramuteq.org/documentation/fichiers/tutoriel-en-portugais>

padrões do Iramuteq, considerando as frequências máxima e mínima das palavras. O Organograma 2 apresenta a síntese dos procedimentos operacionais realizados.

**Organograma 2-** Procedimentos técnicos-operacionais, Bibliometria



Organizado por Juliana Sousa Pereira, 2020.

#### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No âmbito da análise bibliométrica, o mapeamento das publicações brasileiras revela as tendências das pesquisas, permitindo uma reflexão sobre o papel da ciência na evolução do conhecimento, das técnicas e da própria consolidação dos cursos de pós-graduação. Endossando as instituições de ensino como polos geradores da produção científica nacional.

Os trabalhos sobre erosão de solos no Brasil são considerados relativamente recentes, os primeiros estudos remontam a década de 1950, com o pioneirismo do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). As pesquisas eram voltadas para o entendimento dos processos erosivos, direcionados sobretudo para a erosão laminar.

Os pesquisadores Bertoni (1949); Alencar (1952); Grohmann *et al.*, (1956); Barreto *et al.*, (1961); Marques *et al.*, (1961), Lombardi-Neto e Pastana, (1972) observaram a dinâmica erosiva por meio de parcela experimentais, analisando a interferência dos elementos passivos e ativos no processo, como a erodibilidade dos solos, o comprimento e a inclinação da vertente, a cobertura vegetal, bem como, a erosividade das chuvas e as práticas de manejo (BARRETO; BARROS; SPAROVEK, 2008.; BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012).

Os longos períodos de experimentação permitiram a adaptação numérica dos fatores condicionantes e, por conseguinte, a aplicação dos modelos matemáticos de predição de perdas de solos, até então implementados em regiões de clima temperado. Os conceitos e métodos abordados nesses estudos subsidiaram as pesquisas das décadas subsequentes, sendo replicados em várias localidades do país.

Como supracitado, a pesquisa em questão aborda o período de 2009 a 2019, mas a título de conhecimento, no banco de teses e dissertações da CAPES, os primeiros trabalhos relacionados a temática voçorocas datam o ano de 1997, e foram desenvolvidos pelos programas da Engenharia Ambiental (USP), na perspectiva do levantamento de áreas degradadas e propostas de recuperação; já na Geotecnia (UNB) estavam voltados para evolução dos impactos ambientais; enquanto na Geografia (UFPE) eram referentes a evolução dos processos erosivos.

Na Tabela 1, onde estão listadas as instituições de pesquisa, ordenadas pelo total de participações em publicações referentes ao tema voçoroca ao longo do tempo, foram observados 127 trabalhos desenvolvidos em 42 Universidades distintas. Em relação às defesas de teses e às dissertações, é observado a distribuição quantitativa não sequencial dos trabalhos, concentrada em alguns períodos.

Por meio da análise da participação das instituições é observado que não há uma distribuição equilibrada das publicações, mais de 80% das instituições tiveram publicações inferiores a 5 trabalhos.

**Tabela 1-** Evolução do número de Teses e Dissertações sobre a temática erosão dos solos por voçorocas, defendidas nas universidades brasileiras, entre 2009 e 2019

INSTITUIÇÃO	PERÍODO											Total	
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019		
Centro Universitário de Anápolis (UNIEVANGÉLICA)		1											1
Fundação Universidade Federal De Mato Grosso do Sul (UFMS)			1		1								2
Fundação Universidade Federal de Roraima (UFRR)							1		2	1			4
Fundação Universidade Federal de Sergipe (UFS)										1			1
Pontifícia Universidade Católica de Minas (PUC/Minas Gerais)					1						1		2
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC/Rio)									1			1	2
Universidade de São Paulo/Escola Sup. de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq/USP)			1					1	1	1			4
Universidade de Brasília (UNB)			1	2	1		1				1		6
Universidade de São Paulo (USP) <sup>23</sup>	1				2	1		1		1	1		7
Universidade Est. Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP) <sup>24</sup>	2		1	1	1	3	1	2	1			1	13
Universidade Estadual de Goiás (UEG)								1		1			2
Universidade Estadual de Maringá (UEM)		1									1		2
Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES)										1			1
Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG)		1											1
Universidade Estadual do Ceará (UECE)								1					1
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)										1			1
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)											1		1
Universidade Federal da Bahia (UFBA)								1		1	1		3
Universidade Federal da Paraíba (Areia) (UFPB)									1				1
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)								1					1
	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>		<b>Total</b>

<sup>23</sup> Foram considerados os trabalhos publicados nas unidades da cidade de São Paulo e São Carlos.

<sup>24</sup> Foram considerados os trabalhos publicados nas unidades de Presidente Prudente, Rio Claro, Jaboticabal e Ilha Solteira.

Universidade Federal de Goiás (UFG) <sup>25</sup>	1	1				1						3
Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)			1									1
Universidade Federal de Lavras (UFLA)	1		1						1*			3
Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)					1	1		1	1			4
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)										1		1
Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP)			1	1	1			1				4
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)							1					1
Universidade Federal de Rondônia (UFRO)	1											1
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)	1											1
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)	1					1				1		3
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)									1			1
Universidade Federal de Uberlândia UFU)	1		2	1	1							5
Universidade Federal de Viçosa (UFV)	1			1					2			4
Universidade Federal do Amazonas (UFAM)						1		5	2	1	2	11
Universidade Federal do Ceará (UFC)	1								1	1		3
Universidade Federal do Paraná (UFPR)	1	1					1		1			4
Universidade Federal do Pará (UFPA)					1				1*			2
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)		1	2	2	1		1	1	1			9
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)	1					1	1		2			5
Universidade Federal Dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM)									1			1
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)									1			1
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)		1			1				1			3
<b>Total de trabalhos desenvolvidos</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>13</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>16</b>	<b>21</b>	<b>15</b>	<b>8</b>	<b>127</b>

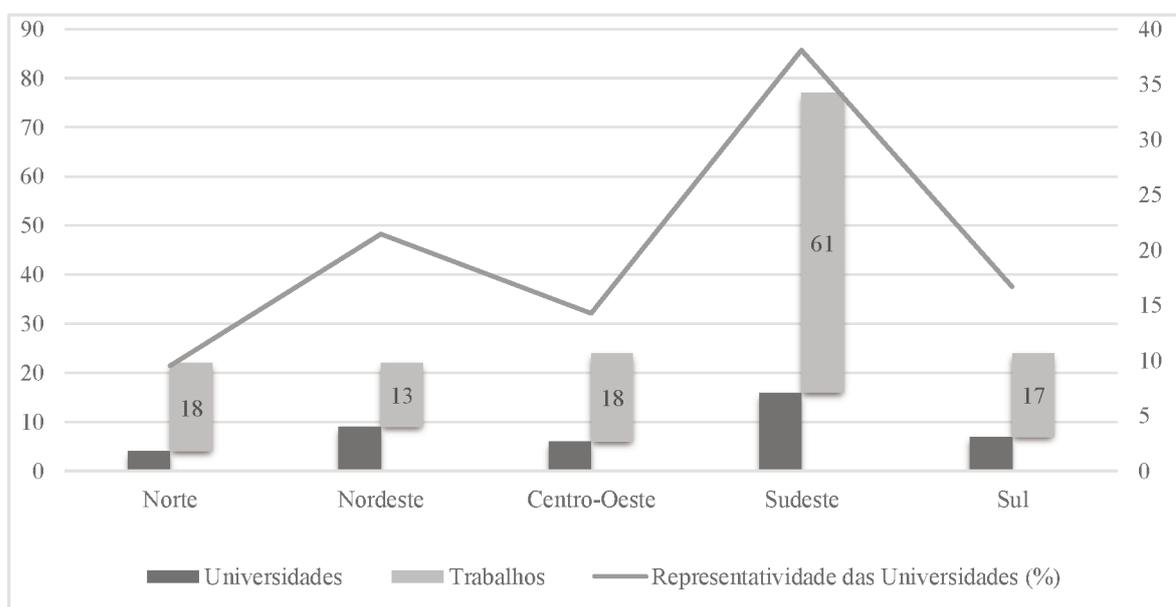
**Fonte:** Plataforma CAPES. Organizado por Juliana Sousa Pereira, 2020. \*Mestrado Profissional.

<sup>25</sup> Foram considerados os trabalhos desenvolvidos no campus de Goiânia e Jataí.

Dentre as 42 instituições consideradas, 16 estão no Sudeste, correspondendo a 38% (Gráfico 2). As universidades da região sudeste são majoritárias no desenvolvimento científico brasileiro em praticamente todas as áreas do conhecimento. Segundo Schwartzman (2006), a USP, UNESP e UNICAMP são responsáveis por cerca de um terço de todos os doutorados concedidos no Brasil por ano.

Fruto de um constructo histórico, que pode ser elucidado pelos pressupostos teóricos de David Harvey<sup>26</sup>, como reprodução desigual e combinada do espaço geográfico. Que influenciou o pioneirismo da Universidade do Rio de Janeiro e de São Paulo, ora pela vinda da família real portuguesa para o Brasil, ora pela consolidação econômica de São Paulo, oriunda primeiramente, pela produção e exportação do café e posteriormente pela centralização industrial (SCHWARTZMAN, 2006).

**Gráfico 2** - Distribuição das instituições universitárias e as publicações científicas



Fonte: Plataforma CAPES. Organizado por Juliana Sousa Pereira, 2020.

Lencione (2013) explica que até meados de 1990 a região Norte e Centro-Oeste não contava com programas de pós-graduação em Geografia instalados. E ainda no ano de 1996 somente os programas da USP, UFRJ e UNESP (RC) continham doutorados (SUERTEGARAY, 2003).

<sup>26</sup> Livro “A Produção Capitalista do Espaço”.

Disponível em: [http://www.mom.arq.ufmg.br/mom/02\\_babel/textos/harvey-producao-capitalista-espaco.pdf](http://www.mom.arq.ufmg.br/mom/02_babel/textos/harvey-producao-capitalista-espaco.pdf)

Podemos afirmar que foram estas instituições as responsáveis por propagar a formação geográfica brasileira.

Considerando as maiores frequências de trabalhos desenvolvidos, a UNESP e a UFAM exercem liderança nesse cenário. A linearidade de publicações da universidade paulista é maior que a da Federal do Amazonas, que tem se colocado em destaque devido ao pouco tempo de consolidação dos programas de pós-graduação em seus cursos.

As publicações da UFAM remontam ao ano de 2014 em diante, representando a descentralização e expansão dos cursos de mestrado na atualidade, confrontando com a vigente centralização dos doutorados na região sudeste. Até o ano de 2017, apenas dois Estados brasileiros não possuíam cursos de pós-graduação em Geografia, o Amapá e o Acre, respectivamente (CAPES, 2017). Todavia, essa informação já não é mais condizente com a realidade, em virtude da criação, em 2019, dos cursos de mestrado pela UNIFAP e pela UFAC.

Ultimamente, é possível afirmar que a histórica defasagem regional foi superada e que todas as unidades da federação possuem os cursos de mestrados e/ou mestrados/doutorados, juntamente com a modalidade denominada de mestrado profissional. Consequência do desenvolvimento e implementação de políticas públicas associadas à expansão e consolidação da pós-graduação brasileira (CAPES, 2017).

Segundo o relatório de avaliação Quadrienal da Capes (Geografia) de 2017, o cenário brasileiro conta com 64 programas<sup>27</sup> de pós-graduação na ciência geográfica, foi observado uma interiorização dos cursos, acabando por corrigir o modelo de distribuição assimétrica vigente até a última década.

Sopesando as publicações analisadas, é verificado que a região sudeste apresenta 48,03% da produção acadêmica. As teses e dissertações elaboradas contemplam os fatores da erosão e representam um direcionamento da linha institucional de pesquisa sob o viés dos programas de pós-graduação e dos orientadores, salientada pela discussão conceitual metodológica existente nos trabalhos.

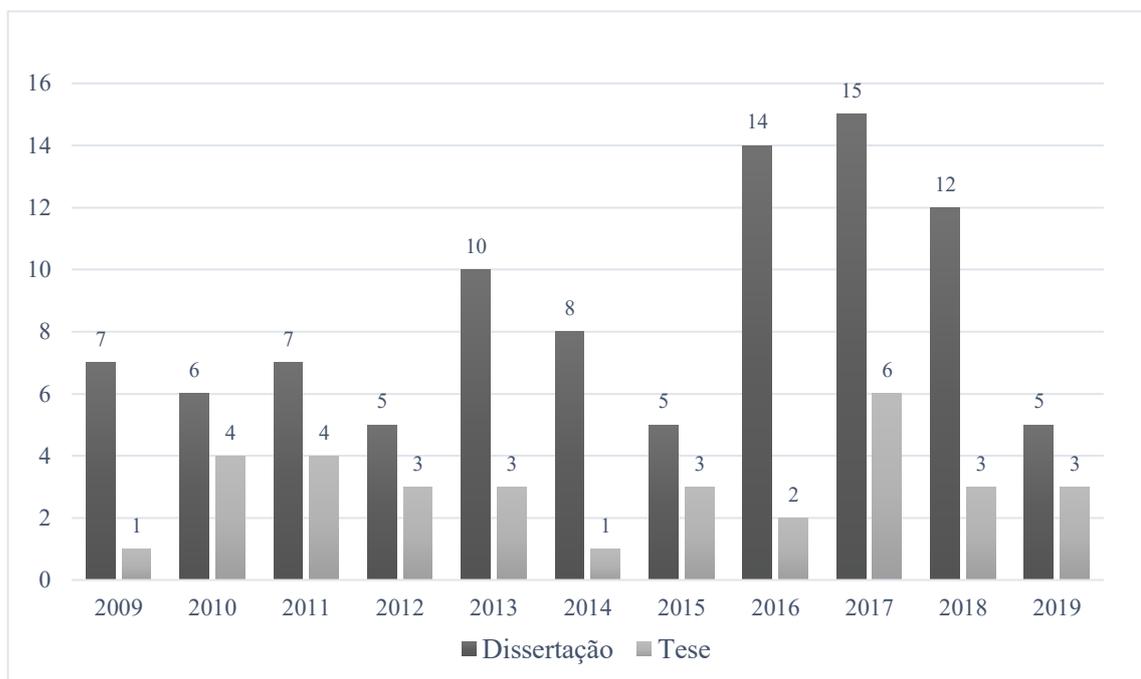
Os anos de 2016 a 2017 expuseram a maior produtividade, em contrapartida, o ano de 2019 encerrou com a mesma quantidade de trabalho realizados em 2009. Informação que pode estar associada a não inserção e atualização dos trabalhos na Plataforma Capes no último ano. O

---

<sup>27</sup> Mestrado – 26 Programas  
Mestrado Profissional – 3 Programas  
Mestrado/Doutorado – 35 Programas.

Gráfico 3 apresenta a distribuição dos trabalhos por tipo de defesa ou nível. Destaque para o mestrado com 74% do total analisado, seguido do doutorado com 26%. Alguns dos programas avaliados ainda não possuem doutorado. Dos 42 diferentes programas, apenas 13 tiveram defesas de teses.

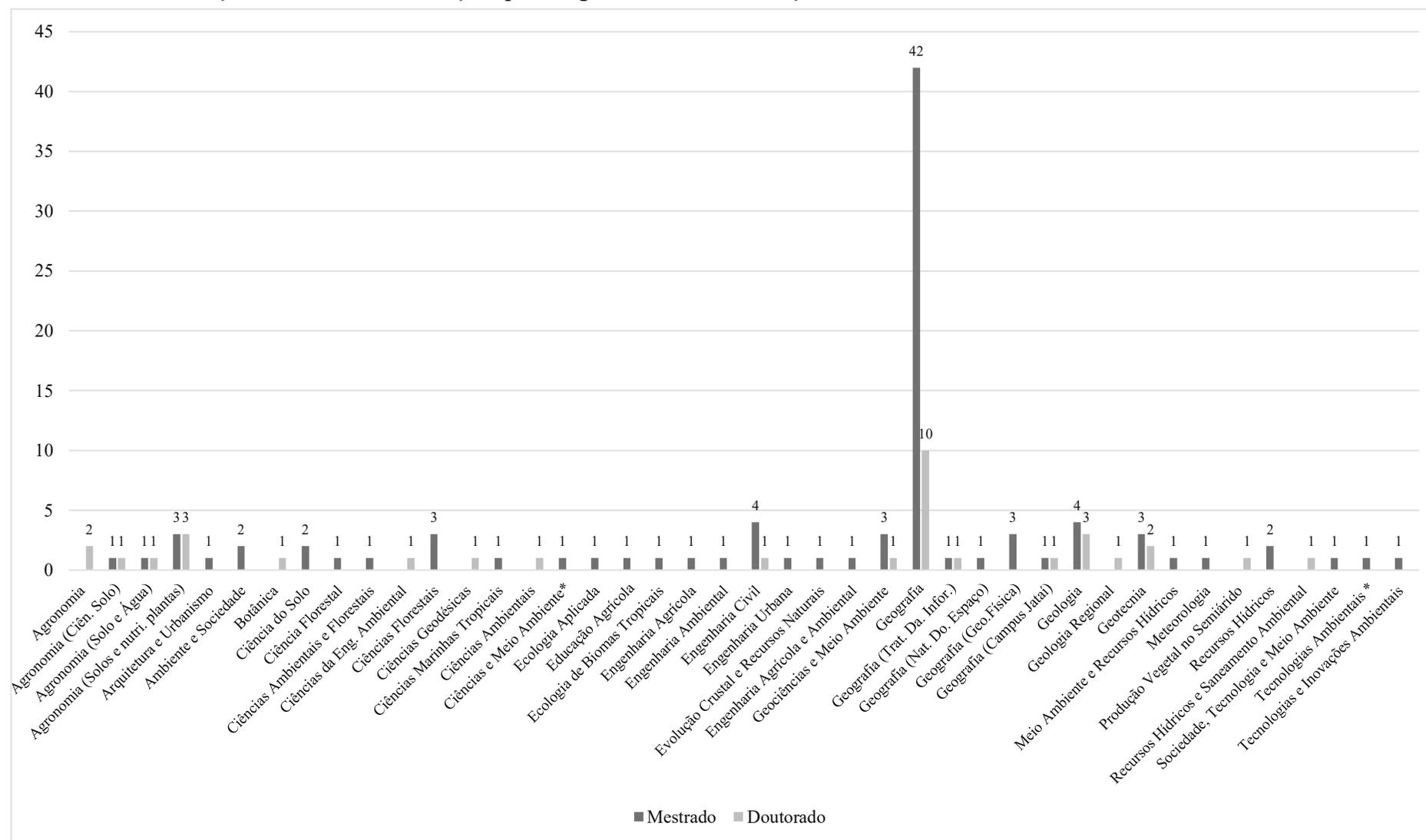
**Gráfico 3** - Distribuição das Teses e Dissertações por ano de publicação



Fonte: Plataforma CAPES. Organizado por Juliana Sousa Pereira, 2020.

#### 4.3.1 Produção científica na Ciência Agrônômica e Ciência Geográfica

A ciência agrônômica apresentou 9,4% dos trabalhos produzidos, já a ciência geográfica correspondeu com 47,2%, exibindo o maior montante dos trabalhos com ênfase em voçorocas, desenvolvidos nos programas de pós-graduação. O restante, correspondente a 43,4%, está distribuído em 33 programas distintos. É válido ressaltar que a quantificação citada diz respeito ao filtro “Voçoroca” aplicado e que por meio deste, foram identificados os programas de pós-graduação com Teses e Dissertações com a temática já referida. É fundamentado nessas informações que as considerações serão tecidas ao longo desse estudo (Gráfico 4) com ênfase nas publicações em Agronomia e Geografia.

**Gráfico 4 - Distribuição das Teses e Dissertações por Programa de Pós-Graduação**

Fonte: Plataforma CAPES. Organizado por Juliana Sousa Pereira, 2020.

#### 4.3.1.1 Ciência Agronômica

De acordo com o relatório de avaliação Quadrienal (Agronomia) da CAPES de 2017, a área de Ciências Agrárias é responsável pela segunda maior produção de documentos científicos no país, totalizando 225 Programas<sup>28</sup> distribuídos em quase todos os estados e no Distrito Federal, com exceção do Amapá e de Rondônia.

No campo agronômico, 50% dos trabalhos foram desenvolvidos por instituições paulistas, destaques para a ESALQ/USP e UNESP. As abordagens pautadas em erosão por voçorocas são distintas e apresentam uma interação entre as demais áreas do conhecimento, evidenciado pelos diversos componentes interdisciplinares presentes nos trabalhos acadêmicos desenvolvidos. As Teses e Dissertações dos programas de Agronomia podem ser inseridas em quatro subtemas de análises, descritos a seguir.

**Análises socioambientais:** os trabalhos inseridos aqui denotam o diagnóstico socioeconômico e ambiental com ênfase no uso do solo. Outro aspecto em comum é adoção de metodologias participativas no desenvolvimento das pesquisas, que consideraram a vulnerabilidade da população frente as questões de preservação, de manejo, de produção e de apropriação do espaço agrário. Nesse sentido, a capacidade de uso da terra juntamente com a avaliação dos atributos químicos e físicos dos solos, no estabelecimento da erosão por voçorocas, foram assuntos recorrentes.

**Técnicas de monitoramento e recuperação:** Neste tópico fica evidente os questionamentos acerca da eficiência das práticas conservacionistas adotadas. Os procedimentos seguidos nas análises foram os ensaios de infiltração em terraços, mapeamento espacial dos atributos químicos, físicos e biológicos de áreas submetidas a erosão, revegetação de áreas degradadas e técnicas de mitigação de baixo custo financeiro.

---

<sup>28</sup> Mestrado – 59 Programas  
Mestrado Profissional – 20 Programas  
Mestrado/Doutorado – 146 Programas. Sendo que, um dos programas contempla apenas o curso de Doutorado.

**Modelagem:** Para avaliar a dinâmica erosiva muitos autores aplicaram as técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. A detecção automática de voçoroca e o monitoramento de áreas susceptíveis aos processos erosivos foram alguns dos objetivos alcançados.

**Gênese e Cronologia:** As pesquisas enquadradas sob essa ótica objetivaram datar os processos erosivos em voçorocas, identificando a origem, os condicionantes e a evolução dessas feições. A maior parte dos estudos valeram-se de técnicas de dendrogeomorfologia. Uma ciência capaz de relacionar as alterações nos anéis de crescimento das plantas com processos geomorfológicos permitindo a reconstrução cronológica e ocorrência dos eventos.

#### *4.3.1.2 Ciência Geográfica*

Suertegaray (2005 e 2007) reconhece, nessa perspectiva, que o domínio da escala de abordagem local, em detrimento de outras, revela uma tendência atual da geografia inclinada pela demanda da explicação de questões pontuais em espaços próximos, bairros, bacias hidrográficas, assentamentos, parques, reservas, dentre outros. A adoção de escalas maiores foi vista no exame dos textos e validado pelas análises no Iramuteq com a formação da nuvem de palavras e análise de similitude.

Ainda na perspectiva geográfica, ao pensarmos as publicações sob o campo geomorfológico é factível perceber a influência da Escola Russa com a predominância da Geomorfologia Aplicada sobre a Geral e Regional, na qual os estudos do relevo são voltados ademais para a proposição de soluções de problemas econômicos e ambientais oriundos das ações naturais e antrópicas.

De acordo com Suertegaray e Nunes (2015), o momento vigente exige cada vez mais uma geomorfologia que possua caráter utilitário, capaz de fornecer informações sobre a dinâmica da natureza no presente. É sabido da dificuldade envolvida nos estudos regionais pela intrínseca complexidade da escala de análise, além da necessidade de maiores recursos financeiros e humanos. Que na esfera das políticas recentes de contingenciamento de verbas destinadas à educação, dificultará ainda mais o progresso de estudos dessa magnitude.

Ao longo do tempo, também foram desenvolvidos campos específicos do conhecimento, com ênfase em técnicas que acabaram por corroborar com a criação de propostas dos programas de

pós-graduação em Geografia, é o caso dos Sistemas de Informações Geográficas, que de acordo com Lencione (2013), começa a surgir nos títulos de diversos trabalhos.

Em menor frequência de publicações, mas contribuindo também para o cumulativo de informações, os estudos oriundos da pós-graduação profissionalizante, do mesmo modo, contemplaram a erosão por voçorocamento. As duas dissertações aproveitaram da aplicação de aerofotogrametria com VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado) para análise de processos erosivos em voçorocas.

Nascimento (2017) avaliou os impactos Geoantropogênicos por meio do monitoramento do processo erosivo acelerado em uma voçoroca no Geossítio Cemitério Arqueológico Indígena na cidade de Manaus-AM. Como resultado da pesquisa, validou que as concentrações de voçorocas em alguns pontos específicos são oriundas da combinação entre o desmatamento e a terraplanagem, o sistema de drenagem artificial deficiente associado a forma convexa e a declividade da vertente.

Siqueira Junior (2018) desenvolveu seu estudo em uma área localizada no município de Itumirim, Minas Gerais, o pesquisador avaliou a resolução espacial e a acurácia altimétrica de MDEs (Modelos Digitais de Elevação) conseguidos através de diferentes configurações de levantamento aerofotogramétrico com VANT.

Mediante a análise das Teses e Dissertações publicadas foi possível estabelecer para a Geografia alguns eixos temáticos de maior abrangência, entretanto, essa sistematização possui apenas o caráter didático, uma vez que, muitos trabalhos contemplam vários aspectos relacionados à dinâmica erosiva.

**Reabilitação de áreas degradadas:** os trabalhos contemplados, nesse eixo, foram propostos tanto para as áreas urbanas, quanto rurais, com abordagens voltadas para a implementação e análise das técnicas de recuperação e mitigação dos processos erosivos por meio da revegetação, adoção de barreiras físicas e bioengenharia.

**Monitoramento de processos erosivos:** neste eixo está inserida a maior parte das pesquisas desenvolvidas, voltadas para o entendimento da erosão dos solos em sua interface com os condicionantes geológicos, geomorfológicos, pedológicos e uso da terra. Os estudos diagnósticos de distribuição e classificação de voçorocas também foram frequentes, assim

como, os de monitoramento da dinâmica erosiva em cabeceiras das voçorocas com o uso de pinos de erosão e análise hidrossedimentológica.

**Mapeamento e Modelagem:** As técnicas de Sensoriamento Remoto e de Geoprocessamento tem sido empregada em grande parte das pesquisas por possibilitar o manuseio de grande volume de informações sobre o meio físico e permitir o estabelecimento de estratégias de análises da dinâmica ambiental em especial das formas e processos atuais. De tal modo, a classificação das unidades ambientais, o mapeamento geomorfológico, a detecção automática de feições erosivas, juntamente com as técnicas fotográficas e aerofotogramétricas, representa os trabalhos desenvolvidos sob essa óptica.

**Análise de Risco:** estão presentes nas pesquisas sobre a vulnerabilidade e susceptibilidade aos processos lineares, os mapeamentos de riscos. Os impactos ambientais ocasionados pela ocupação de vertentes em áreas urbanas, terras indígenas, erosão em estradas também foram objetos de estudo.

É notado uma evolução das técnicas cartográficas desde a avaliação das primeiras publicações assinaladas em mapas cada vez mais integrados e didáticos, presentes nos trabalhos de modelagem preditiva, detecção automática de voçorocas, conjuntamente com os modelos de fragilidade ambiental. A realização de cadastros e a elaboração de propostas de estabilização e/ou controle também se fizeram presentes nos estudos executados.

Em meio a uma década de trabalhos científicos, a evolução dos procedimentos metodológicos e operacionais tem contribuído de sobremaneira no entendimento da gênese e espacialização dos processos erosivos. Em especial, nos estudos de mapeamento geomorfológicos, de riscos, evolução espacial e temporal das voçorocas, zoneamento ambiental, dentre outros.

#### *4.3.1.3 Nuvem de Palavras e Análise de Similitude*

A nuvem formada pelas palavras constituintes dos títulos dos trabalhos, desenvolvidos em Geografia, salienta os vocábulos com certa importância no corpus textual: “rio”, “erosivo”, “município”, “voçoroca”, “processo”, “estudo”, “SP”, “bacia hidrográfica” e “análise”, todas com frequência maior que 10 ocorrências, evidenciando a unidade de análise bacia hidrográfica nas escalas de abordagens (Figura 12).

Delimitada pelos critérios geomorfológicos, constituída de um sistema aberto e de constantes trocas de fluxos de matéria e energia, a bacia hidrográfa é um integrador de todos os processos hidrológicos (COELHO NETTO, 2008; PORTO; LAINA PORTO, 2008; SEETHAPATHI; DUTRA; KUMAR, 2008) e vem colocando-se em posição de destaque no cenário acadêmico brasileiro desde 1990, perfazendo os estudos atuais direcionados para os diagnósticos ambientais, especialmente com as recentes derivações, em menores níveis hierárquicos, como sub-bacia e microbacia, termos usuais em diversos trabalhos.

**Figura 12** - Nuvem de palavras



Fonte: Imagem gerada pelo *software* IRAMUTEQ.

As informações obtidas permitem afirmar a forte tendência dos estudos dos impactos ambientais na contemporaneidade. Lencione (2013) e Suertegaray (2005) apontam o deslocamento da pesquisa no campo da Ciência Geográfica em sua vertente física, para o campo do ambiente, percebido nos trabalhos avaliados por meio da conexão entre os vocábulos dos títulos e palavras chaves. Para as autoras, o vocábulo “natureza” tem sido sobrepujado pelo “ambiente”, como uma tentativa de superação do embate epistemológico Sociedade *versus* Natureza, pela sua essência integradora dos fenômenos do espaço geográfico.

Entretanto, é possível que esse direcionamento não tenha acontecido somente no campo da Geografia Física, mas também em uma parcela relevante dos programas de outros domínios científicos, distinguidos pelos próprios nomes. No qual 30.95% dos programas de pós com trabalhos voltados para a erosão por voçorocamento, possuem em sua nomenclatura a palavra “ambiente” em seus diferentes étimos (Quadro 3).

**Quadro 3-** Programas de pós-graduação com perspectiva ambiental

<b>Programa de Pós-Graduação</b>	<b>Depto. /Instituto de Pesquisa</b>	<b>Instituições</b>
Ambiente e Sociedade	Ciência Agrárias e Sustentabilidade	UEG
Ciências Ambientais e Florestais	Instituto de Florestas	UFRRJ
Ciência da Engenharia Ambiental	Departamento de Hidráulica e Saneamento	USP
Ciências Ambientais	Centro de Ciências Biológicas e da Saúde	UFScar
Ciência e Meio Ambiente	Instituto de Ciências Exatas e Naturais	UFPA
Engenharia Ambiental	Departamento de Engenharia Ambiental	UFOP
Engenharia Agrícola e Ambiental	Departamento de Engenharia	UFRRJ
Geociência e Meio Ambiente	Instituto de Geociências	UNESP -RC
Meio Ambiente e Recursos Hídricos	Instituto de Recursos Naturais	UNIFEI
Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental	Instituto de Pesquisas Hidráulicas	UFRGS
Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente	Departamento de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Ação Comunitária	Uni EVANGÉLICA
Tecnologias Ambientais	Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografias	UFMS
Tecnologias e Inovações ambientais	Departamentos de Engenharia, Química, Ciências Florestais e Ciência do Solo	UFPA

**Fonte:** Plataforma CAPES. Organizado por Juliana Sousa Pereira, 2020.

As temáticas abordadas nos trabalhos representam um empenho no entendimento das dinâmicas do meio físico e da comunidade, apresentando por intermédio do seu caráter integrador numa nova reflexão teórica e filosófica acerca da problemática ambiental.

Como mencionado, os estudos ambientais estão centrados na unidade bacia hidrográfica, em seu domínio escalar local, especialmente pela possibilidade dos diagnósticos, prognósticos e zoneamentos ambientais serem utilizados nas atividades de planejamento do uso e ocupação da terra em áreas rurais e urbanas. E para esses estudos, os condicionantes geológicos,

geomorfológicos e pedológicos têm sido indispensáveis na análise da dinâmica erosiva das vertentes, e as consequentes implicações na paisagem.

O conjunto da produção brasileira, no âmbito da erosão linear, em forma de voçorocas, indica que as publicações tiveram pelo menos um dos objetivos elucidados como: zoneamentos, mapeamento de riscos, monitoramento e estudos diagnósticos e o uso das geotecnologias na análise das informações.

As pesquisas acerca da temática têm contribuído para a multiplicação das técnicas e discussões conceituais e/ou metodológicas nas diversas formas do fazer geográfico. Podemos afirmar que as discussões ambientais se encontram subsidiadas pela Geografia Física em seus múltiplos horizontes.

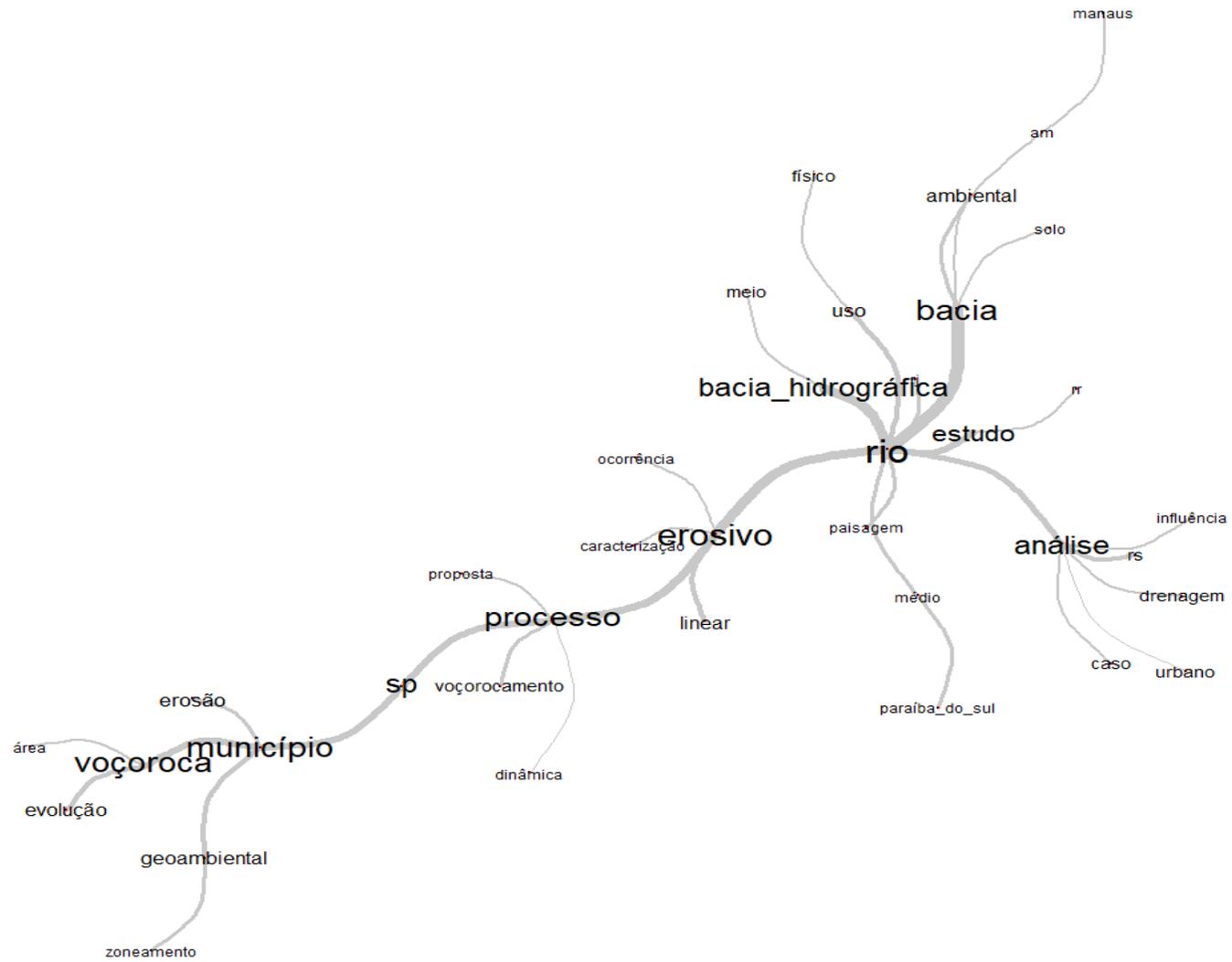
Não tem como desconsiderar a sociedade, juntamente com a sua produção do espaço, quando nos referimos à erosão dos solos. Os processos erosivos impactam em algum grau qualquer das bases observadas, seja econômica, social e ambiental. O gráfico de similitude indica a conexão dos termos auxiliando na identificação da estrutura dos conteúdos presentes nas pesquisas (Figura 13).

As palavras estão estruturadas em ramos de acordo com a sua influência no *corpus* textual, assim, os vocábulos que estão dispostos no ramo horizontal representam maior destaque nos títulos dos trabalhos avaliados. As palavras “voçorocas, município, sp, processo, erosivo, rio e bacia” apresentam a mesma frequência de exibição no *corpus* textual e estão relacionadas às outras que derivam em ramos menores.

No caso do vocábulo “estudo” está pautado na esfera dos estudos de casos, desenvolvidos em municípios, bacias, sempre na escala de detalhe pela própria magnitude da manifestação dos processos erosivos no relevo.

As temáticas específicas sobre voçorocas foram empregues nos mais diversos aspectos, e os estudos diagnósticos e de monitoramento, juntamente com os de gênese e morfologia, nas distintas formas do modelado terrestre. As geotecnologias aplicadas à erosão também perfazem as pesquisas atuais sobre a evolução das vertentes seja pela dinâmica da rede de drenagem ou pelas intervenções antrópicas ineficientemente planejadas.

**Figura 13-** Análise de Similitude entre os títulos das Teses e Dissertações desenvolvidos nos programas de pós-graduação em Geografia



Fonte: Gráfico gerado pelo software IRAMUTEQ

Trabalhos realizados pelos pesquisadores Silva (2010); Bezerra (2011); Francisco (2011); Biulchi (2012); Pereira Junior (2013), Loureiro (2013) e Santana (2017), propuseram a adoção de medidas de baixo custo para a atenuação de processos e recuperação de áreas degradadas, nesse contexto, a construção de paliçadas e o plantio de espécies vegetais específicas foram empregadas.

Destaque para a bacia do Rio Paraíba do Sul (SP e RJ), que aparece como área de estudo em 4 trabalhos, de acordo com os títulos analisados, bem como, o Estado do Amazonas que tem se destacado nas publicações sobre os processos erosivos, sobretudo associados a estradas.

Os vocábulos e os recortes espaciais bem definidos indicam que a avaliação do meio físico em sua perspectiva de riscos também tem sido efetuada em áreas urbanas. A ampliação das cidades pelos loteamentos recentes, requer análises direcionadas para esses espaços em suas características peculiares. É crescente o número de estudos de casos em bairros, que além de objetivarem a compreensão dos processos atuantes, corroboram para o ordenamento físico-territorial, mostrando a relevância das pesquisas sobre erosão dos solos no planejamento e gestão.

A centralidade das palavras chaves presentes na Tabela 2, auxilia na própria compreensão dos títulos dispostos na árvore de similitude. Na qual a bacia hidrográfica configura como um ente sistêmico apoiados pelos mapeamentos geomorfológicos, pela detecção automática de voçorocas, permitido pelas diversas técnicas de modelagem, facilitada pelo uso do Sensoriamento Remoto.

**Tabela 2** - Frequência das palavras chaves nos trabalhos de Geografia

<b>Palavras-Chave</b>	<b>f (%)</b>
Erosão	23
Voçoroca	20
Erosivo	10
Paisagem - Bacia Hidrográfica	8
Geomorfologia – Solo	7
Ambiental – Processo	6
Urbano	5
Modelo - Terra - Análise - Linear - Agricultura – Agroambiental	4
Feição - Recurso - Mapeamento - Meio – Geomorfológico - Impacto - Uso - Vertente - Geografia - Hídrico - Vulnerabilidade - Evolução – Amenização	3

Frequência gerada pelo IRAMUTEQ. **Fonte:** Plataforma CAPES (2020). Organizado por Juliana Sousa Pereira, 2020.

Dos 72 trabalhos avaliados, sendo 60 nos programas de Geografia e 12 na área agrônômica, apenas 4 trabalhos<sup>29</sup> trouxeram em seu bojo os objetivos de caráter extensionistas, considerando pequenas propriedades de agricultura familiar e/ou assentamentos agrários. Pesquisas estas, que por meio de uma abordagem quanti-qualitativa e baseada em metodologias participativas, levaram ao debate as questões pautadas nas relações sociais de produção estabelecidas pela propriedade da terra. E também permitiram a minimização dos impactos erosivos devido às práticas educativas e à adoção das técnicas voltadas para a contenção dos sedimentos.

É nesse sentido que a extensão se coloca como substancial, é por possibilitar uma visão ampla, interdisciplinar e integrada da realidade social, fato que na ótica de Serrano ([s.d]) é imprescindível ao processo dialético, materializado na articulação entre a teoria e a prática.

A extensão universitária configura-se na interação entre a universidade e a comunidade local. É por meio dos projetos sociais que a universidade socializa o conhecimento produzido, exercendo neste âmbito a sua responsabilidade social enquanto bem público, visando além da pesquisa e do ensino, a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos (FERREIRA NUNES; CRUZ SILVA, 2011). Todavia, não é percebida essa interação, e os trabalhos continuam abarcados pelos muros das universidades, testemunhando nesse aspecto, a insuficiente articulação institucional existente.

O princípio da indissociabilidade das atividades de ensino, pesquisa e extensão é inerente ao fazer acadêmico. A relação entre o ensino e a extensão é capaz de produzir mudanças, e corroborar com a democratização do conhecimento contribuindo para a transformação da sociedade (FERREIRA NUNES; CRUZ SILVA, 2011).

Obviamente que não podemos limitar a ciência a sua aplicabilidade imediata, fato que poderia, por conseguinte, diminuir a qualidade dos processos, questão inclusive debatida no 8º GRC<sup>30</sup> (CHAVES, 2019). Ao mencionar o retorno para a sociedade, este virá, contudo, é difícil a sua mensuração, assim como, estimar o impacto que uma pesquisa terá em seu alcance. É oportuno endossar que a formação profissional e pessoal, concomitante com a produção de inovações, se configuram como ganhos primordiais desencadeados pela experiência e conhecimento acumulado.

A incorporação de temas e a inserção das tecnologias tem contribuído para o avanço das várias maneiras de fazer e pensar Geografia. Os estudos sobre dinâmica hidrossedimentológica,

---

<sup>29</sup> Foram dois trabalhos em cada uma das ciências citadas.

<sup>30</sup> 8º Encontro Anual do *Global Research Council* (GRC), realizado na cidade de São Paulo no ano de 2019.

micromorfologia do solo, parâmetros limnológicos, morfométricos e técnicas cartográficas têm contribuído para a compreensão da gênese, evolução e impactos ocasionados pelo estabelecimento das voçorocas.

É sobre a luz dessa ciência elementar no entendimento do meio físico, que, a título de conhecimento, será citada nas diversas abordagens presentes nos trabalhos de algumas Universidades. Estas foram mencionadas em virtude da quantidade de teses e dissertações defendidas nos Programas de Pós-graduação em Geografia durante a última década

Na UFAM, as pesquisas têm sido voltadas para o mapeamento de áreas frente aos riscos de voçorocamento em bacias hidrográficas, com atenção especial para as erosões e/ou próximas às rodovias. Todos os trabalhos desenvolvidos nessa instituição remetem ao Estado do Amazonas, com enfoque sobre Manaus.

Na UFU os trabalhos foram direcionados ao entendimento da dinâmica erosiva em voçorocas desde a espacialização das feições até a utilização de técnicas mitigadoras de baixo custo financeiro, voltadas para a contenção de sedimentos e revegetação em áreas inseridas no Domínio Morfoclimático do Cerrado.

Na UNESP-PP, em âmbito geral, os estudos remeteram a vulnerabilidade ambiental frente aos processos erosivos em áreas rurais e urbanas. Inclusive com propostas de recuperação e mecanismos de controle para a minimização dos impactos em áreas degradadas. Ao passo que, na UFRJ as pesquisas aludiram ao mapeamento geomorfológico e a influência das mudanças de uso da terra e na reativação da dinâmica erosiva.

O meio ambiente é um tema recorrente nas discussões acadêmicas e também existente em diferentes pautas políticas, assim, cabe às diferentes áreas do conhecimento colaborar para o enriquecimento das informações. No caso específico da erosão em voçorocas, os estudos podem contribuir ainda mais com a aplicação das geotecnologias no entendimento da evolução das encostas e reabilitação de áreas degradadas.

#### **4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O conjunto dos trabalhos avaliados ratifica que os estudos direcionados para a erosão dos solos demanda conhecimento técnico atrelado ao entendimento das novas formas de produção e reprodução do espaço geográfico, e que nessa conjuntura a ciência geográfica tem marcado

presença com trabalhos significativos. Que abordam desde as diferentes técnicas de mapeamento de áreas de risco, estudos de vulnerabilidade ambiental, gênese e cronologia dos processos erosivos até a proposição de medidas de reabilitação de áreas degradadas.

Foi observada a centralização da produção científica em instituições da Região Sudeste e a reafirmação da temática ambiental dentro da Geografia, configurando-se como nova tendência frente às demandas da sociedade contemporânea. E que além de exprimir seu caráter interdisciplinar por natureza, privilegiou as abordagens em escalas locais, mostrando a necessidade de diagnósticos imediatos, orientados para o entendimento da morfodinâmica do relevo local, expresso notadamente pela unidade bacia hidrográfica e suas subdivisões.

O levantamento das publicações foi feito ambicionando a robustez de um banco de dados capaz de auxiliar na produção do conhecimento, e jamais ressaltar algum caráter produtivista ou suscitar qualquer competição entre os programas de nenhuma instituição, é mais um direcionamento reflexivo sobre a produção da ciência diante da temática abordada. Sendo importante mencionar também, a existência de diversos trabalhos publicados na forma de artigo, resultantes de projetos de pesquisas com ou sem financiamento público. Contudo, não foram abordados neste trabalho.

Poucos trabalhos elucidaram propostas educativas direcionadas à extensão universitária e/ou rural. E igualmente, não foi verificada nenhuma parceria com órgãos extensionistas. Ao considerar a temática dos processos erosivos, é fundamental a participação da academia na divulgação das metodologias e técnicas desenvolvidas para a mitigação dos impactos gerados, uma vez que, o assoreamento, o empobrecimento dos solos, juntamente com a desvalorização da propriedade rural, são elementos interferentes no equilíbrio ambiental, na economia local e consequentemente no ordenamento do território.

Conhecendo a relevância de um banco de dados estruturado no auxílio da produção do conhecimento, cabe ressaltar a necessidade de melhoria na plataforma disponibilizada pela CAPES de modo que facilite a pesquisa, evitando o dispêndio de tempo.

Algumas sugestões serão tecidas nesse texto e direcionadas aos representantes dos programas de pós-graduação, responsáveis por inserirem os dados dos trabalhos na página da CAPES. A primeira diz respeito à diferenciação da escrita em caixa alta e caixa baixa, visto que o sistema não consegue diferenciá-las, acabando por gerar duplicidade entre os nomes dos autores, orientadores, programas, instituições, etc. O que circunstancialmente demandará maior atenção, além de tornar a pesquisa morosa conforme o tamanho do banco de dados analisado.

Em segundo lugar, é notório ponderar a inconsistência de informações nas abas das páginas, que muitas vezes não são condizentes com as informações registradas. Quando se faz uma leitura superficial de um determinado dado obtém-se um resultado, entretanto, quando é feita uma busca aprofundada por meio de algum filtro disponível, o resultado disponibilizado é divergente, fazendo com que o pesquisador tenha que conferir as informações conseguidas vezes.

As análises textuais realizadas pelo *software* Iramuteq mostraram-se válidas, sobretudo no aspecto de correlação entre os temas, disposição visual e análises estatísticas. Nesse sentido, a análise de similitude, juntamente com a nuvem de palavras, proporcionou uma representação didática dos vocábulos considerados.

É válido mencionar que na última década houve uma ampliação da malha da pós-graduação, possibilitada por políticas públicas que favoreceram a consolidação de programas e cursos nas Universidades. Não obstante, presentemente existe uma inquietação em relação à quantidade e qualidade das futuras pesquisas, devido à redução dos investimentos em ciência e do desmonte das instituições.

Ao considerar os trabalhos voltados para a temática ambiental, em especial na Geografia, ciência norteadora desta pesquisa, existe um temor no decaimento das contribuições científicas, principalmente pela diminuição dos recursos que comprometerão a proposição de soluções de problemas, o desenvolvimento intelectual e econômico de uma sociedade.

Desafios esses que na atualidade transpõem o campo de validação das respostas e caminha numa perspectiva de reafirmação do fazer científico devido aos constantes desmerecimentos do papel da ciência e descrédito das universidades por algum segmento da população e inclusive pelo Governo Federal em que a negação do conhecimento não está embasada na dialética Socrática, fundada na reflexão do saber, mas muitas vezes em teorias infundadas, reafirmadas em redes sociais sem nenhum caráter científico.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A. R. C.; VIEIRA, A. F. S. G. Erosão dos Solos na Amazônia. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. (Org). **Degradação dos Solos no Brasil**. 1ªed. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, p.217-257, 2014.

ARAÚJO, R. F.; ALVARENGA, L. A bibliometria na pesquisa científica da pós-graduação brasileira de 1987 a 2007. **Encontros Bibli**, Florianópolis. v. 16, n. 31, p. 51-70, 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/eb/article/view/1518-2924.2011v16n31p51/17757>. Acesso em: 20 mar. 2020.

BARRETTO, A. G. O. P.; BARROS, M. G. E.; SPAROVEK, G. Bibliometria, história e geografia da pesquisa brasileira em erosão acelerada do solo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 2443-2460, 2008. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832008000600022](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832008000600022). Acesso em: 05 abr. 2020.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 8ª edição. São Paulo: Ícone, 2012, 335 p.

BEZERRA, J. F. R. **Geomorfologia e Reabilitação de Áreas Degradadas por Erosão com Técnicas de Bioengenharia de Solos na Bacia do Rio Bacanga, São Luís – MA**. 2011. 250 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio De Janeiro. 2011. Disponível em: <http://objdig.ufrj.br/16/teses/772022.pdf> Acesso em: 25 mai. 2020.

BIULCHI, D. F. **Uso de leguminosas arbóreas no controle da evolução de voçoroca no Domínio do Cerrado**. 2012. 279 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geografia. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/15952/1/UsosLeguminosasArboreas.pdf> Acesso em: 25 mai. 2020.

CAMARGO, B. V.; JUSTO, A.M. IRAMUTEQ: um *software* gratuito para análise de dados textuais. **Temas psicol.** Ribeirão Preto, v. 21, n. 2, p. 513-518, dez. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.9788/TP2013.2-16>. Acesso em: 09 abr. 2020.

CAVALCANTI JÚNIOR, F. A.; OLIVEIRA, D. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física e Aplicada, 8, Congresso Nacional de Geografia Física, 1. Campinas 2017. **Análise bibliométrica das tendências do uso do índice DRASTIC**. Campinas: [s.n.]; 2017. p. 4056-4068. Disponível em: <https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/2557> Acesso em: 05 abr. 2020.

CHARTIER, J. F.; MEUNIER, J. Text Mining Methods for Social Representation Analysis in Large Corpora. **Papers on Social Representations**. Londres, v.20. p.1-47. 2011). Disponível em: <http://psr.iscte-iul.pt/index.php/PSR/article/view/452/396>. Acesso em: 19 mar. 2020.

CHAVES, L. R. Plenária do GRC no Hotel Renaissance, em São Paulo: agências compartilham experiências sobre gestão e financiamento. **Pesquisa Fapesp**. São Paulo, v.280,

p. 36-39. 2019. Disponível em: [https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2019/06/036-039\\_Balan%C3%A7o\\_280.pdf](https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2019/06/036-039_Balan%C3%A7o_280.pdf) Acesso em: 08 de abr. 2020.

CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do Conhecimento Geomorfológico nos Projetos de Planejamento. In: GUERRA, A. J. T; SILVA, A. S; BOTELHO, R. G. M. (Org). **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. 10ª ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p. 415-440, 2008.

CHUEKE, G. V.; AMATUCCI, M. O que é bibliometria? Uma introdução ao Fórum. **Internext**, São Paulo, v.10, n. 2, p. 1-5, 2015. Disponível em: <https://internext.espm.br/internext/article/view/330/233> Acesso em: 13 abril. 2020.

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. (CAPES). **Relatório da Avaliação Quadrienal 2017: Agronomia**, relatório de gestão do exercício de 2017, Ministério da Educação, Brasília, 2017. Diretoria de Avaliação. 27 p. Relatório. Disponível em: <https://www.feis.unesp.br/Home/Pos-Graduacao/strictosensu/agronomia/documento-de-area---ciencias-agrarias-i---capes---2019.pdf> Acesso em: 19 out. 2020.

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. (CAPES). **Relatório da Avaliação Quadrienal 2017: Geografia**, Ministério da Educação, Brasília, 2017. Diretoria de Avaliação. 35 p. Relatório. Disponível em: [https://www1.capes.gov.br/images/documentos/Relatorios\\_quadrienal\\_2017/20122017-Geografia\\_relatorio-de-avaliacao-quadrienal-2017\\_final.pdf](https://www1.capes.gov.br/images/documentos/Relatorios_quadrienal_2017/20122017-Geografia_relatorio-de-avaliacao-quadrienal-2017_final.pdf) Acesso em: 19 out. 2020.

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR (CAPES). Fundação do Ministério da Educação e Cultura (MEC), 2020. Apresenta informações sobre a história e missão da Capes. Disponível em: <https://www.capes.gov.br/historia-e-missao>. Acesso em: 13 mar. 2020.

FARIA, A. H. P. de.; ALVES, D. F. C. Caderno de Geografia: análise bibliométrica, espacial e de conteúdo do acervo de 1990 a 2016. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v.26, número especial 1, p. 1-19, 2016. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/p.2318-2962.2016v26nesp1p01> Acesso em: 09 abr. 2020.

FRANCISCO, A. B. **O processo de voçorocamento no perímetro urbano de Rancharia-SP: sua dinâmica e as propostas de recuperação**. 2011. 120 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Est. Paulista Júlio De Mesquita Filho/Pr. Prudent, Presidente Prudente. 2011. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/96673/francisco\\_ab\\_me\\_prud.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/96673/francisco_ab_me_prud.pdf?sequence=1&isAllowed=y) Acesso em: 25 mai. 2020.

LENCIONI, S. Linhas de pesquisa da Pós-Graduação em Geografia. Mudanças, esquecimentos e emergência de (novos) temas. **Revista da ANPEGE**, [S.l.], v. 9, n. 11, p. 5-19, jul. 2017. Disponível em: <http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/anpege/article/view/6487/3468>. Acesso em: 14 maio 2020.

LOUREIRO, H. A. S. **Monitoramento e diagnóstico de áreas degradadas na bacia hidrográfica do Rio São Pedro (RJ) - Estudos experimentais em voçoroca e utilização de geotêxteis de fibra de bananeira**. 2013. 216 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: [https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=115172](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=115172) Acesso em: 25 mai. 2020.

MARQUES J. S. Ciência Geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. 8ª ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p. 23-50, 2008.

MELO, A. V. F. de. **Produção científica internacional em artigos sobre sistemas de informação geográfica: uma análise bibliométrica entre 2006 e 2015**. 2016. Dissertação (Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. Disponível em: [https://teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-22112016-124048/publico/2016\\_AlexandreVastellaFerreiraMelo\\_VCorr.pdf](https://teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-22112016-124048/publico/2016_AlexandreVastellaFerreiraMelo_VCorr.pdf). Acesso em: 09 abr. 2020.

NASCIMENTO, M. J. L. do. **Geomorfologia urbana por meio de plataforma SIG: monitoramento do processo erosivo acelerado (voçoroca) no Geossítio do Cemitério Arqueológico Indígena de Manaus**. 2017. 72 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciências e Meio Ambiente) - Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal do Pará, Belém, 2017. Disponível em: <http://ppgema.proesp.ufpa.br/ARQUIVOS/Disserta%20a7%20a3o%20Homologada%202017/Disserta%20a7%20a3o%20Homologada%202017/Turma-Manaus/Marcio%20Nascimento/Disserta%20a7%20a3o%20Marcio%20de%20jesus%20lima%20do%20nascimento.pdf> Acesso em: 25 maio. 2020.

NEVES. C. E. das.; MACHADO, G. Geografia e ambiente: trajetórias e tendências das pesquisas geossistêmicas no Estado de São Paulo. **Confins**, [S.l.], n. 30, p. 1-24, 2017. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/11716> Acesso em: 09 abr. 2020.

OKUBO, Y. **Bibliometric Indicators and Analysis of Research Systems: Methods and Examples**. Paris, OECD. 71 p, 1997. Disponível em: <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/208277770603.pdf?expires=1586392856&id=id&accname=guest&checksum=DBA8B5F887AFB69520BEF4130D614F6A> Acesso em: 13 abril. 2020.

PEREIRA JUNIOR, R. A. P. **Uso de barreiras físicas em voçorocas e seus efeitos na retenção de sedimentos: um estudo de caso**. 2013. 99 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013. Disponível em: [https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=2746567](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=2746567) Acesso em: 25 maio. 2020.

PIMENTA, A. A. *et al.* A Bibliometria nas pesquisas acadêmicas. **Scientia**. Sobral. v.4, n.7, p. 1-13, 2017. Disponível em: [https://flucianofejao.com.br/novo/wp-content/uploads/2017/12/EDUCAR\\_PARA\\_A\\_CIDADANIA\\_FINANCEIRA.pdf](https://flucianofejao.com.br/novo/wp-content/uploads/2017/12/EDUCAR_PARA_A_CIDADANIA_FINANCEIRA.pdf). Acesso em: 10 abril. 2020.

PORTO, M. F. A; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estud.** São Paulo, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142008000200004&lng=en&nrm=iso](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200004&lng=en&nrm=iso) . Acesso em: 14 de maio 2020.

QUEIROZ FILHO, A. P. de. **Análise espacial**: abordagem do mapeamento bibliométrico. 2018. Tese (Livre Docência em Análise Espacial) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. Disponível em: [https://teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/8/tde-05122018-172218/publico//2018\\_AlfredoPereiraDeQueirozFilho.pdf](https://teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/8/tde-05122018-172218/publico//2018_AlfredoPereiraDeQueirozFilho.pdf) Acesso em: 09 abr. 2020.

ROSA, J. G. **Grande sertão: veredas**. 13. ed. Rio de Janeiro, J. Olympio, 1979.

SAADI, A. A Geomorfologia como ciência de apoio ao planejamento urbano em Minas Gerais. **Geonomos**. Belo Horizonte, v. 5, n. 2, p. 1-4, 1997. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/revistageonomos/article/view/11480>. Acesso em: 6 abr. 2020.

SALGADO, A. A. R.; LIMOEIRO, B. F. Geomorfologia Brasileira: panorama geral da produção nacional de alto impacto no quinquênio entre 2011-2015. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. São Paulo, v.18, n.1, p. 225-236, 2017. Disponível em: <http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/1154/594> Acesso em: 22 maio. 2020.

SALVIATI, M. E. **Manual do Aplicativo Iramuteq**: compilação, organização e notas. Planaltina: [s.n.], 2017. 93 p. Disponível em: <http://www.iramuteq.org/documentation/fichiers/manual-do-aplicativo-iramuteq-par-maria-elisabeth-salviati>. Acesso em: 19 mar. 2020.

SANTANA, A. D. de. **Pensar e fazer geografia: uma contribuição para o controle de erosões em propriedades rurais no município de regente Feijó/SP.** 2017 .180 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Est. Paulista Júlio De Mesquita Filho/Pr. Prudent, Presidente Prudente. 2017. Disponível em:[https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=4976328](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=4976328) Acesso em: 25 mai. 2020.

SCHWARTZMAN, S. A universidade primeira do Brasil: entre intelligentsia, padrão internacional e inclusão social. **Estudos Avançados.** São Paulo, v. 20, n. 56, p. 161-189, 2006. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142006000100012&lng=en&nrm=iso](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142006000100012&lng=en&nrm=iso) . Acesso em: 22 maio.

SEETHAPATHI, P. V.; DUTRA, D.; R, KUMAR, 2008; **Review of research studies with reference to small watersheds.** New Delhi: Teri 2008. 326 p. Disponível em:<https://books.google.com.br/books?id=zF8g8rfrdnoC&pg=PA57&lpg=PA57&dq=basin+schumm&source=bl&ots=pzRdOen3Xi&sig=ACfU3U04ksqV2LbIXYzURg2euPuJZcyclQ&hl=pt-BR&sa=X&ved=2ahUKEwjPitWf0aHpAhU6H7kGHTPSBV0Q6AEwDnoECAkQAQ#v=onepage&q=basin%20schumm&f=false> Acesso em: 02 de abr. 2020.

SILVA, A. H. da. **Medidas físicas e biológicas com potencial para uso em recuperação de voçoroca no município de Uberlândia-MG.** 2010. 136 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Instituto de Geografia. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/16095/1/Diss%20Alcione.pdf> Acesso em: 25 mai. 2020.

SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. Degradação dos Solos no Estado do Rio de Janeiro. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. (Org). **Degradação dos Solos no Brasil.** 1ªed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p. 261-292, 2014.

SILVA, G. N.; SILVA, M, C. M.; RODRIGUES, S. C. Degradação ambiental e voçoroca da bacia hidrográfica do Ribeirão Douradinho. In: Simpósio Brasileiro De Geografia Física Aplicada, 10., 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, RJ: Departamento de Geografia, 2003. p. 1652 a 1659

SILVA, S. F. da. *et al.* Utilização do Sensoriamento Remoto na agricultura de precisão: Uma Análise Bibliométrica. **Nucleus,** Ituverava, v. 11, n. 2, p. 459-470, 2014. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/307643757\\_UTILIZACAO\\_DO\\_SENSORIAMENTO\\_REMOTO\\_NA\\_AGRICULTURA\\_DE\\_PRECISAO\\_UMA\\_ANALISE\\_BIBLIOMETRICA](https://www.researchgate.net/publication/307643757_UTILIZACAO_DO_SENSORIAMENTO_REMOTO_NA_AGRICULTURA_DE_PRECISAO_UMA_ANALISE_BIBLIOMETRICA) Acesso em: 09 abr. 2020.

SIQUEIRA JUNIOR, P. S. **Avaliação metrológica de modelos digitais de elevação obtidos por Veículo Aéreo Não Tripulado, aplicados a estudos de processos erosivos do solo.** 2018. 103 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologias e Inovações Ambientais) Instituto de Tecnologias e Inovações Ambientais, Universidade Federal De Lavras, Lavras, 2018. Disponível em: [http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/30855/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O\\_Avalia%c3%a7%c3%a3o%20metrol%c3%b3gica%20de%20modelos%20digitais%20de%20eleva%c3%a7%c3%a3o%20obtidos%20por%20ve%c3%adculo%20a%c3%a9reo%20n%c3%a3o%20tripulado%20c%20aplicados%20a%20estudos%20de%20processos%20erosivos%20do%20solo.pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/30855/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O_Avalia%c3%a7%c3%a3o%20metrol%c3%b3gica%20de%20modelos%20digitais%20de%20eleva%c3%a7%c3%a3o%20obtidos%20por%20ve%c3%adculo%20a%c3%a9reo%20n%c3%a3o%20tripulado%20c%20aplicados%20a%20estudos%20de%20processos%20erosivos%20do%20solo.pdf) Acesso em: 25 maio. 2020.

SOARES, P. B. *et al.* Análise bibliométrica da produção científica brasileira sobre Tecnologia de Construção e Edificações na base de dados *Web of Science*. **Ambient. constr.** Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 175-185, 2016. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-86212016000100175&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-86212016000100175&script=sci_abstract&tlng=pt) Acesso em: 10 abril. 2020.

SPINAK, E. Dicionario Enciclopédico de Bibliometría, Cienciometría e Informetría. [S.l], 1996. p. 244. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000243329> Acesso em: 3 abril. 2020.

SU, H., LEE, P. Mapping knowledge structure by keyword co-occurrence: a first look at journal papers in Technology Foresight. **Scientometrics** 85, [S.l], p. 65–79, 2010. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11192-010-0259-8> Acesso em: 2 mar. 2020.

SUERTEGARAY, D. M. A. O atual e as tendências do ensino e da pesquisa em Geografia no Brasil. **Revista Do Departamento De Geografia**, São Paulo, v.16, p. 38-45. 2005. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47283/51019> Acesso em: 3 abril. 2020.

SUERTEGARAY, D. M. A. Rumos e Rumores da Pós-graduação e da Pesquisa em Geografia no Brasil. **Revista da ANPEGE**, [S.l.], v. 3, n. 03, p. 11-19, 2007. Disponível em: <http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/anpege/article/view/6603/3603>. Acesso em: 08 abr. 2020.

SUERTEGARAY, D. M.; NUNES, J. O. R. A natureza da Geografia Física na Geografia. **Terra Livre**. São Paulo. n. 17, p. 11-24. 2001. Disponível em: <https://www.agb.org.br/publicacoes/index.php/terralivre/article/view/337/319> Acesso em: 02 de maio 2020.

TOMÉ, R.; REIS, P. O geógrafo no planejamento e gestão do território: Domínios de Intervenção. **Inforgéo**, Lisboa, v.17, p. 177-189, 2002. Comunicação apresentada no IV Congresso Nacional de Geografia, Lisboa. 2002. Disponível em: [https://www.apgeo.pt/sites/default/files/inforgéo\\_1617.pdf](https://www.apgeo.pt/sites/default/files/inforgéo_1617.pdf). Acesso em: 3 abr. 2020.

VANTI, N. A. P. Da bibliometria à webometria: uma exploração conceitual dos mecanismos utilizados para medir o registro da informação e a difusão do conhecimento. **Ci. Inf**, Brasília, v. 31, n. 2, p. 369-379, 2002. Disponível em:  
[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=s010019652002000200016&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=s010019652002000200016&script=sci_abstract&tlng=pt)  
Acesso em:10 abril. 2020.

---

## CAPÍTULO V

---

*“Segue o teu destino, rega as tuas plantas, ama as tuas rosas. O resto é a sombra de árvores alheias. A realidade sempre é mais ou menos do que nós queremos. Só nós somos sempre iguais a nós próprios”* (Fernando Pessoa, 1996, p.108)

### MAPEAMENTO DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS À EROSÃO POR VOÇOROCAS NO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA, MINAS GERAIS<sup>31</sup>

**Resumo:** A erosão por voçorocamento é umas das formas mais agressivas de degradação ambiental, tem a sua gênese nas próprias características da paisagem, entretanto pode ser desencadeada e intensificada pelas atividades antrópicas em seus diferentes usos e ocupação dos solos. Nesse âmbito, os estudos voltados para o entendimento das variáveis geoambientais influentes e para a análise da susceptibilidade erosiva são fundamentais na interpretação da paisagem, em virtude da possibilidade de construção de cenários, da simulação dos fenômenos e do entendimento das correlações entre as variáveis ambientais. Dessa forma, os modelos de análise espacial auxiliam no estabelecimento de prognósticos, essenciais para as ações de planejamento em área rural e urbana, fornecendo subsídios para a definição de usos ajustados com as aptidões locais, contribuindo para a manutenção da qualidade dos recursos hídricos, para conservação das estruturas urbanas, estradas rurais, produtividade dos solos, gestão de bacia hidrográficas dentre outros. Assim, o trabalho teve por objetivo identificar as áreas com maior propensão a erosão por voçorocamento por meio da análise multicritério e álgebra de mapas. Os resultados obtidos indicam uma susceptibilidade erosiva considerável onde grandes áreas do município de Uberlândia, MG são passíveis aos processos erosivos de Média intensidade a Muito Alta, evidenciando assim, a necessidade efetiva de ações integradas, com vistas ao gerenciamento dos impactos, à diminuição da vulnerabilidade ambiental, com implementação de técnicas de recuperação e mitigação em solos degradados.

**Palavras-chave:** Susceptibilidade erosiva, Voçorocas, Uso do Solo, Uberlândia, Vertente.

**Abstract:** Gully erosion is one of the most aggressive forms of environmental degradation, it has its genesis in the own characteristics of the landscape, however it can be triggered and intensified by human activities in its different uses and land occupation. In this context, studies aimed at understanding the influential geoenvironmental variables and analyzing the erosive susceptibility are fundamental in the interpretation of the landscape, due to the possibility of building scenarios, simulating phenomena and understanding the correlations between environmental variables. In this way, the spatial analysis models assist in the establishment of prognoses, essential for planning actions in rural and urban areas, providing subsidies for the definition of uses adjusted to local aptitudes, contributing to the maintenance of the quality of water resources, for conservation of urban structures, rural roads, soil productivity, watershed management, among others. Thus, the work aimed to identify the areas most prone to gully erosion through multi criteria analysis and map algebra. The results obtained indicate a considerable erosive susceptibility where large areas of the city of Uberlândia, MG are susceptible to erosion processes from Medium to Very High, thus evidencing the effective need for integrated actions, with a view to managing impacts, decreasing environmental vulnerability, with the implementation of recovery and mitigation techniques in degraded soils.

**Key-words:** Erosive susceptibility, Gullies, Land Use, Uberlândia, slope.

---

<sup>31</sup> Parte deste capítulo foi publicada na seção “Leia Cientistas” da Universidade Federal de Uberlândia.

## INTRODUÇÃO

Costa, Silva Junior e Nishiyama (2002) elucidam que as feições erosivas têm aumentado de maneira expressiva nas áreas de Cerrado devido ao crescimento agropecuário. A expansão das áreas urbanas fora dos moldes eficientes do ordenamento territorial também tem contribuído para a ocorrência dos impactos diretos da erosão dos solos. Silva e Machado (2014) afirmam que a expansão das cidades em ritmo acelerado e, na maioria das vezes, não têm obedecido às limitações naturais do ambiente, submetendo uma parcela da população às condições de vulnerabilidade ambiental e social.

Para Camargo, Soares e Giongo (2018) os principais danos oriundos da erosão são decorrentes do aumento da compactação dos solos, da diminuição da infiltração hídrica e aumento do escoamento superficial. Xavier *et al.* (2010) afirmam que o aumento da carga de sedimento é um dos impactos diretos da erosão acelerada e que sofre influência da ação antrópica.

A erosão acelerada dos solos é um fenômeno de degradação que possui uma gama de condicionantes e interfere nas esferas ambiental, econômica e social. Mediante os impactos oriundos desses processos, diversas metodologias têm sido pensadas e aplicadas na busca de melhor compreensão do fenômeno erosivo e na proposição de soluções atenuantes e mitigadoras dos danos acarretados.

Dentre as metodologias aplicadas a análise da susceptibilidade erosiva tem sido recorrente na literatura por auxiliar no entendimento das relações hierárquicas das diversas variáveis interferentes na erosão dos solos, mas também por possibilitar um prognóstico dos possíveis impactos mediante os aspectos naturais e/ou antrópicos.

A susceptibilidade erosiva está relacionada à interação das variáveis de uma área que condiciona aos terrenos, maior ou menor instabilidade frente ao desencadeamento dos processos de desagregação (SILVEIRA, 2015). Tal análise é realizada de maneira integrada a partir da combinação de atributos considerando as suas características separadamente (SILVA, 2018). Nessa conjuntura, a ciência geomorfológica atrelada às técnicas de Geoprocessamento tem contribuído para o entendimento dos processos atuantes nas vertentes, e auxiliado na gestão e planejamento ambiental para áreas urbanas e rurais.

De acordo com Oliveira *et al.* (2001), Silva (2018), Xavier *et al.* (2010), o uso das geotecnologias permite a organização, o manuseio de grandes volumes de dados e informações

espaciais, além da obtenção de novas informações interpretativas através da modelagem ambiental. Conquanto, para conseguir uma análise da susceptibilidade erosiva condizente com a realidade, é preciso atentar para a disponibilidade e confiabilidade dos dados relacionados aos condicionantes ambientais e antrópicos no modelo aplicado, como os atributos, geológicos, geomorfológicos, pedológicos, climáticos, geotécnicos, antrópicos dentre outros envolvidos nos processos de erosão dos solos (LIMA; SOUZA, 2008).

Oliveira *et al.* (2011), Silva e Machado (2014) e Silva (2018) afirmam que as áreas propensas à erosão dos solos podem ser representadas pelos mapeamentos temáticos que, além de permitir o entendimento das variáveis ambientais influentes no desencadeamento da erosão do solo, auxilia na identificação das áreas que necessitam de medidas de prevenção e controle dos processos erosivos.

Diante do exposto, ressalta-se a necessidade do desenvolvimento de estudos direcionados para a análise da susceptibilidade erosiva aos processos lineares no município de Uberlândia, que apresenta uma diversidade de uso e ocupação do solo, com aumento expressivo da malha urbana, representada pela abertura de loteamentos em diversos setores e o fortalecimento das atividades agropecuárias.

Uberlândia é drenada por diversos cursos d'água com aproveitamento na agricultura, pecuária, piscicultura, atividades industriais, geração de energia elétrica e abastecimento hídrico urbano. Sendo necessário gestão eficiente desses recursos, com vistas à preservação ambiental, com a garantia da qualidade e a diminuição dos impactos provenientes da erosão dos solos.

O trabalho objetivou avaliar a tendência a processos erosivos no município de Uberlândia-MG através da elaboração de cartas de susceptibilidade erosiva e da análise dos principais fatores contribuintes para o estabelecimento da erosão linear. Para alcançar os objetivos propostos foi empregado a análise multicritério e o método de álgebra de mapas.

## **5.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO**

As pesquisas voltadas para o entendimento da dinâmica hidrológica na vertente, bem como a identificação de áreas naturalmente susceptíveis a erosão dos solos tem sido efetuada por diversos pesquisadores no país com os objetivos direcionados para a caracterização dos

elementos geoambientais, o levantamento dos condicionantes erosivos, e a avaliação de técnicas de geoprocessamento aplicados aos mapeamentos temáticos.

O propósito dos trabalhos publicados é claramente o mapeamento das áreas com maior susceptibilidade à erosão dos solos, alguns com ênfase nas variáveis ambientais, outros nos aspectos antrópicos, todavia, praticamente todos os trabalhos almejam em comum que os resultados alcançados possam ser utilizados como ferramentas subsidiárias do planejamento ambiental e da gestão do município e bacias hidrográficas específicas.

Costa, Silva Junior e Nishiyama (2002) identificaram, em Morrinhos-GO, as áreas de maior susceptibilidade e vulnerabilidade aos processos erosivos e os danos acarretados pela ausência de planejamento na ocupação de terras. Mauro e Lollo (2004) desenvolveram seus estudos na bacia do Córrego Prosa, localizada no município de Campo Grande – MS. Os autores valeram-se das técnicas de avaliação de terreno para a elaboração da carta de susceptibilidade. Marcelino (2004) com a utilização de SIGs identificou as cicatrizes no município de Caraguatatuba-SP realizou o mapeamento das áreas susceptíveis ao escorregamento.

Lima e Souza (2008) aplicaram e avaliaram a técnicas de geoprocessamento na identificação de áreas com susceptibilidade a movimento de massas na unidade de conservação, Parque Municipal das Mangabeiras, localizado em Belo Horizonte - MG.

Zoratto (2009) realizou o mapeamento geológico-geotécnico de um trecho da bacia do rio Passa Cinco em Ipeúna-SP e o diagnóstico da suscetibilidade a processos erosivos lineares, fluviais e de assoreamento. Camargo, Soares e Giongo (2017) elaboraram mapas de suscetibilidade erosiva antrópica e natural para o município de Santa Helena de Goiás.

Xavier *et al.* (2010) estudaram a suscetibilidade à erosão laminar da bacia hidrográfica do Rio Manso, indicaram as áreas mais suscetíveis à erosão, bem como a sua relação com a erodibilidade dos solos, como forma de subsídio para alternativas futuras de manejo e conservação dos solos da bacia.

Oliveira *et al.* (2011), almejando propor ações potenciais de planejamento territorial avaliaram a capacidade de vulnerabilidade natural à erosão frente ao uso e cobertura do solo em área da microbacia do Igarapé Peripindeua, Nordeste do estado do Pará. Fernandes *et al.* (2013) avaliaram a Suscetibilidade erosiva do Rio São Francisco entre os trechos delimitados a montante pela barragem da usina hidrelétrica de Três Marias, e a jusante pela sua confluência com o rio das Velhas. Os resultados conseguidos indicam que as classes de erosão variam de médio a baixo grau.

Silva e Machado (2014), empregando a metodologia de análise de multicritério, realizaram o mapeamento da susceptibilidade erosiva natural e com a influência antrópica da bacia hidrográfica do Córrego Mutuca, Nova Lima – MG, considerando no âmbito das variáveis influentes o uso e ocupação do solo com a proximidade das vias de acesso. Prudente *et al* (2015) também utilizaram a metodologia de multicritério para a espacialização da susceptibilidade erosiva em uma área predominantemente agrícola, inserida na microbacia do Rio das Lontras, PR.

Silveira (2015), no estudo de susceptibilidade erosiva no entorno de dutos destinados ao transporte de petróleo e seus derivados, concluiu por meio da análise multicriterial ponderada que a declividade foi o condicionante que exerceu maior influência no desencadeamento da erosão dos solos.

Santos e Aquino (2017) empregaram o método álgebra de mapas na análise da susceptibilidade erosiva do município de Castelo do Piauí e observaram a predominância das classes baixa a moderada susceptibilidade erosiva encontradas em quase 70% da sua área. Os autores atribuem este resultado a presença de relevo plano a suave ondulado, litologia arenítica, predomínio de latossolos e presença de cobertura vegetal com moderada atividade fotossintética.

Silva (2018) avaliou as voçorocas presentes na sub-bacia do Ribeirão Serra no município de Morrinhos – GO e identificou que as áreas de maior susceptibilidade erosiva estão relacionadas às proximidades das vias e ao uso do solo. Capoane (2019) considera que os atributos topográficos mostraram os locais mais susceptíveis ao desenvolvimento da erosão dos solos na bacia hidrográfica do Córrego Guariroba-MS. Grande parte dos estudos voltados para a análise e identificação das áreas mais susceptíveis à erosão empregaram a análise multicritério associada a álgebra de mapas em ambiente SIG.

## **5.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

### *5.2.1 Análise da Susceptibilidade Erosiva*

A análise de multicritério, também denominada de Álgebra de Mapas foi utilizada na elaboração do mapa de susceptibilidade à erosão dos solos por voçorocas. Esta metodologia se

configura numa ferramenta matemática que possibilita através da definição dos pesos e notas atribuídas aos condicionantes físicos, o cruzamento dos parâmetros estabelecidos.

Neste âmbito foram definidos pesos de (0 – 100%) para as variáveis com ênfase no grau de importância e correlação com a susceptibilidade erosiva e as notas de (1 a 5) para cada um dos componentes das legendas dos mapas temáticos. Quanto mais elevada a nota, maior é a susceptibilidade frente aos processos de erosão. Assim, ficou estabelecida as seguintes classes (1: muito baixa; 2: baixa; 3: média; 4: alta; 5: muito alta).

As variáveis consideradas foram a Geologia, a Geomorfologia (declividade; curvatura das vertentes e índice de dissecação do relevo), a erodibilidade dos solos, a erosividade das chuvas e também o uso dos solos. Ponderando esses critérios os pesos foram atribuídos com base nas diversas publicações sobre a temática e também em trabalhos voltados para a compreensão e caracterização dos elementos fisiográficos da área de estudo.

Para todas as variáveis consideradas foram criados mapas reclassificados com as classes e pesos correspondentes. O mapa de susceptibilidade erosiva (SE) foi elaborado a partir da álgebra em ambiente SIG para cada condicionante da erosão dos solos. Para a aplicação dessa metodologia foi empregada a seguinte fórmula,  $SE = L + D + CV + ID + K + R + US = 100\%$  (Quadro 4).

Onde:

<b>SE</b> = Susceptibilidade Erosiva;	<b>ID</b> = Índice de Dissecação do relevo;
<b>L</b> = Litologia;	<b>K</b> = Erodibilidade dos solos;
<b>D</b> = Declividade;	<b>R</b> = Erosividade das chuvas;
<b>CV</b> = Curvatura das vertentes;	<b>US</b> = Usos do solo.

Praticamente todas as variáveis receberam o peso de 15% por exibirem o mesmo nível de importância frente à susceptibilidade erosiva. Apenas o uso e ocupação do solo obteve uma nota menor (10%), justificada no subitem (5.2.1.8).

Com o intuito de validação do modelo empregado neste trabalho foi sobreposto ao Mapa de Susceptibilidade, o *shape* contendo as voçorocas mapeadas no município de Uberlândia.

**Quadro 4-** Notas estabelecidas para os componentes da legenda dos mapas

	VARIÁVEL	Peso:L+D+CV+ID+K+ES+US=100%	COMPONENTE DA LEGENDA	Nota (1 a 5)	AUTORES
GEOLOGIA	Litologia (L)	15%	Cobertura Superficial Indiferenciada	5	Nishiyama (1989) Crepani <i>et al.</i> , (2001) Zaparoli; Cremon (2010) Pavanin; Chuerubim; Lázaro (2017) Mauro; Lollo (2004)
			Grupo Araxá, Litofácies micaxistos	1	
GEOMORFOLOGIA	Declividade (Graus) (D)	15%	Grupo Bauru, Formação Marília	4	Crepani <i>et al.</i> , (2001)
			Grupo São Bento, Formação Serra Geral	2	
			Grupo Bauru, Formação Vale do Rio do Peixe	4	
			Suíte Jurubatuba	1	
			0-2	1	
	2-5	2			
	5-10	3			
	10-20	4			
	20-90	5			
	Curvatura das Vertentes (CV)	15%	Muito convexa	2	Crepani <i>et al.</i> (2001) Rocha (2011)
Convexa			3		
Retilínea			1		
Côncava			4		
Muito côncava			5		
Índice de Dissecação (ID)	15%	Dc 43	4	Ross (2012)	
		Dt 33; Dt 32; Dc33; Dt13; Dt 23;	3		
		Dt 22; Dt 12;	2		
Erodibilidade dos Solos (K)	15%	Gleissolos Háplicos	1	Manningel <i>et al.</i> (2002).	
		Latossolos Vermelhos	2		
		Latossolos Vermelho Amarelos	2		
		Nitossolos Vermelhos	2		
		Argissolos Vermelho Amarelos	4		
Erosividade das Chuvas (R)	15%	8112 - 9031 MJ.mm. ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>	4	Mello <i>et al.</i> , (2007)	
DINÂMICA	Usos do Solo (US)	10%	Agricultura	3	Souza <i>et al.</i> (2020)
			Vegetação natural	1	Valadares <i>et al.</i> (2012); Torres (2014), Ross (1994).
			Rios/Represas	1	Torres (2014); Crepani <i>et al.</i> (2001)
			Pastagem	2	Reis; Costa; Ribeiro (2015); Ross (1994); Valadares <i>et al.</i> , (2012);
			Solo Úmido	1	Torres (2014); Crepani <i>et al.</i> (2001)
			Silvicultura	3	(Ross, 1994)
			Área Urbana/Construída	5	(Ross, 1994)

Organizado por Juliana Sousa Pereira, 2021.

### 5.2.1.2 Litologia (L)

De acordo com Crepani *et al.* (2001), toda rocha é um agregado de minerais com diferentes resistências ao intemperismo em função da intensidade das ligações atômicas dos elementos químicos constituintes e também da resistência frente à desagregação de suas partículas. No entanto, o estabelecimento de valores e até mesmo a não consideração do substrato rochoso no mapeamento de susceptibilidade erosiva evidencia a carência de padronização nesses tipos de estudo, como elucidado por Mauro e Lollo (2004). À vista disso, valeu-se de estudos que ponderaram essa variável indispensável para o entendimento da paisagem para a atribuição de valor às classes geológicas, como os trabalhos desenvolvidos por Crepani *et al.*, (2001), Mauro e Lollo (2004), Rodrigues e Souza (2013); Silva e Machado (2014).

As notas foram conferidas ao mapa geológico de acordo com a metodologia proposta por Crepani *et al.*, (2001). Contudo, foi necessário readequar as notas dos atributos estabelecidos pelos autores. Crepani *et al.* (2001) estabeleceram os valores de 1 a 3 frente a vulnerabilidade erosiva e, para este trabalho, as notas atribuídas estão entre 1 e 5. Assim, foi realizado um agrupamento das classes segundo os valores dos diversos tipos de rochas constituintes do arcabouço geológico para a reclassificação do mapa e a posterior superposição das informações. O Quadro 5 apresenta as Unidades Geológicas identificadas no município e os valores da susceptibilidade, variando de 1,0 a 5,0.

**Quadro 5** - Atribuição de notas à litologia do município de Uberlândia

Litologia	Composição	Nota Crepani <i>et al.</i> (2001)	Reclassificação (1 a 5)
Cobertura Superficial Indiferenciada	leitos de cascalheiras	3,0	(1,0 – 1,4) = 1 (1,4 – 1,8) = 2 (1,8 – 2,2) = 3 (2,2 – 2,6) = 4 (2,6 – 3,0) = 5
Grupo Araxá, Litofácies micaxistos	Migmatitos, Gnaisses	1,3 1,3	
Grupo Bauru, Formação Marília	Arenitos	2,4	
Grupo São Bento, Formação Serra Geral	Basaltos	1,5	
Grupo Bauru, Formação Vale do Rio do Peixe	Arenitos	2,4	
Suíte Jurubatuba	Migmatitos	1,3	
	Gnaisses	1,3	
	Granito	1,1	

**Fonte:** Crepani et al. (2001). Organizado por Juliana Sousa Pereira, 2021.

### 5.2.1.3 Declividade (D)

Enquanto parte substancial das mais diversificadas paisagens, a vertente é conceituada por Christofolletti (1980) como forma tridimensional, modelada pelos processos de denudação ou acumulação operantes ao longo do tempo, constituindo-se no objeto de estudo elementar da Geomorfologia.

É notório que a característica do relevo influencia expressivamente nas taxas de erosão, através das formas e grau de declividade (VIEL; ROSA; HOFF, 2017). A declividade se configura na variação de altitude entre dois pontos de uma determinada área e interfere na velocidade de ocorrência do escoamento superficial (ROCHA, 2012).

De acordo com Valeriano (2008), a declividade diz respeito à inclinação do relevo em relação ao horizonte, expresso em graus ( $0^\circ$  a  $90^\circ$ ) ou porcentagem (0 a  $\infty$ ). Crepani *et al.*, (2001) considera que quanto maior a declividade maior também será o fluxo hídrico e a sua capacidade de desagregação e transporte.

Nessa perspectiva, a declividade foi considerada como um dos atributos na geração do mapa de susceptibilidade especialmente por ser um elemento topográfico relevante no desencadeamento da erosão dos solos. As classes de declividade da área de estudo, bem como as notas atribuídas estão descritas no Quadro 4.

### 5.2.1.4 Curvatura das vertentes (CV)

É imprescindível a consideração dos atributos topográficos nos estudos direcionados a análise de susceptibilidade erosiva, maiormente porque é na vertente de acordo com Christofolletti (1980) que se estabelece toda dinâmica processual. Nesta conjuntura, a declividade tem sido utilizada de maneira predominante. Contudo, Casseti (1995) notabiliza que além da declividade, a geometria das vertentes também deve ser considerada especialmente pela influência na distribuição dos processos hidrológicos e erosivos.

O mapa de curvatura foi elaborado para a área de estudo por meio do Modelo Digital de Elevação (MDT) e faz referência ao formato da vertente observada em perfil que segundo Trentin e Robaina (2016), é a taxa de variação do gradiente de arqueamento na direção de sua

orientação. Ainda para os autores, a curvatura em perfil está associada ao aspecto convexo e côncavo do terreno, influente na intensidade do deflúvio.

Valeriano e Carvalho Junior (2003) elucidam que um terreno é constituído de formas côncavas, convexas ou planas. Os terrenos côncavos são aqueles que a declividade diminui na direção da vertente, os convexos surgem quando a declividade acresce na direção da orientação das vertentes, e os planos não apresentam alteração da declividade no perfil.

Para Silva Neto (2013), a concentração do escoamento superficial incide nas porções côncavas das vertentes. Considerando essa capacidade de transporte de sedimentos em razão da convergência dos fluxos hídricos, as categorias das curvaturas foram divididas em: muito convexo, convexo, plano, côncavo e muito côncavo, e a atribuição das notas de 1 a 5 (Tabela 3).

**Tabela 3-** Curvatura das vertentes e classes de susceptibilidade erosiva para o município de Uberlândia

Curvatura da vertente	Classes de curvaturas <sup>32</sup>	Susceptibilidade
Muito convexa	(-1,26111114) a (-0,155088953)	2
Convexa	(-0,155088953) a (-0,039342445)	3
Retilínea	(- 0,039342445) a (0,050682616)	1
Côncava	(0,050682616) a (0,179289847)	4
Muito côncava	(0,179289847) a (2,018373251)	5

Organizado por Juliana Sousa Pereira, 2021.

#### 5.2.1.5 Índice de Dissecação do Relevo

Além de considerar os elementos da Geomorfologia, como a declividade e curvatura das vertentes, levou-se também em conta o grau de entalhamento do vale e a dimensão interfluvial na análise da susceptibilidade erosiva.

Ross (2012), considerando o índice de dissecação quanto a fragilidade ambiental denomina as classes hierarquicamente de muito fraca a muito forte. Para o município de Uberlândia essas

<sup>32</sup> Essas classes de curvatura foram geradas através do MDT.

classes foram empregadas voltadas para a susceptibilidade erosiva apresentando grau fraco (2), moderado (3) e forte (4) (Quadro 6).

**Quadro 6-** Índice de dissecação do relevo e classes de susceptibilidade erosiva para o município de Uberlândia

Índice de Dissecação	Grau de Dissecação	Modelados na área de estudo	Susceptibilidade
Muito fraco	11	-	1
Fraco	21, 22, 12	Dt 22; Dt 12	2
Moderada	31, 32, 33, 13, 23	Dt 33; Dt 32; Dc33; Dt13; Dt 23;	3
Forte	41, 42, 43, 44, 14,24, 34	Dc 43	4
Muito Forte	51, 52, 53, 54, 55, 15, 25, 35, 45	-	5

**Fonte:** Adaptado de Ross (2012). Organizado por Juliana Sousa Pereira, 2021.

#### 5.2.1.6 Erodibilidade dos solos (K)

Os solos possuem propriedades ínsitas de acordo com o substrato de origem, e a resistência à desagregação é influenciada pela topografia e manejo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012; GUERRA, 2008). A resistência dos solos frente ao desprendimento de suas partículas é definida por Lal (1990) e Morgan (2005) como erodibilidade.

Manningel *et al.*, (2002) determinou os valores do fator erodibilidade e da tolerância de perda dos solos para o estado de São Paulo. As classes estabelecidas pelos autores variam de extremamente alta (0,0600 t.ha.h/ha.MJ.mm) a muito baixa (0,0090 t.ha.h/ha.MJ.mm).

Conforme descrito no capítulo I, foram identificados cinco tipos pedológicos para o município de Uberlândia. As notas de erodibilidade foram atribuídas de acordo com as categorias propostas por Manningel *et al.*, (2002). Nessa circunstância, os Argissolos Vermelhos Amarelos apresentaram maior susceptibilidade frente aos processos erosivos e os Gleissolos Háplicos a menor susceptibilidade, seguido pela classe dos Latossolos e Nitossolos.

As notas consideradas para este trabalho estão dispostas a seguir no Quadro 7 e encontram-se inseridas nos intervalos de erodibilidade: Muito alta, Baixa e Muito Baixa.

**Quadro 7-** Atribuição de notas às classes de erodibilidade no município de Uberlândia

Classes pedológicas	Erodibilidade K (t.ha.h/ ha.MJ.mm)	Classificação Manningel <i>et al.</i> , (2002)	Reclassificação (1 a 5)
Gleissolos Hápicos	0,0044	Muito baixa 0,0090	1
Latossolos Vermelhos	0,0071 0,0061 0,0085	Baixa 0,0090 – 0,0150	2
Latossolos Vermelho Amarelos	0,0112	Baixa 0,0090 – 0,0150	2
Nitossolos Vermelhos	0,0130	Baixa 0,0090 – 0,0150	2
Argissolos Vermelho Amarelos	0,0466	Muito alta 0,0459 – 0,0600	4

Fonte: Manningel *et al.*, (2002). Organizado por Juliana Sousa Pereira, 2021.

### 5.2.1.7 Erosividade das Chuvas (R)

A erosividade é a potencialidade das chuvas em ocasionar erosão por meio da desagregação e transporte das partículas de solo (LAL, 1990). Para o município de Uberlândia, os dados relacionados à erosividade das chuvas foram compilados do trabalho desenvolvido por Pereira e Rodrigues (2018) que, fundamentados na metodologia de Lombardi Neto (1977), calcularam a erosividade média anual para a Área de Influência da UHE-Amador Aguiar I<sup>33</sup> considerando as estações pluviométricas no município de Uberlândia e cidades vizinhas (Tabela 4).

**Tabela 4-** Estações pluviométricas utilizadas para o cálculo da erosividade das chuvas

Código	Nome	Município	Latitude	Longitude	Média anual	Erosividade
01948006	Fazenda Letreiro	Uberlândia	-18°59'18"	-48°11'25"	1520,8 (mm)	8183,8 MJ.mm.ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>
01947019	Porto Saracura	Indianópolis	-19°4'7"	-47°56'3"	1426,8 (mm)	8802,3 MJ.mm.ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>
1848010	Araguari	Araguari	-18°39'4"	-48°12'33"	1492,5 (mm)	9948,1 MJ.mm.ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>
1847001	Estrela do Sul	Estrela do Sul	-18°44'17"	-47°41'24"	1465,2 (mm)	8710,1 MJ.mm.ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>
1847007	Cascalho Rico	Cascalho Rico	-18°34'44"	-47°52'45"	1776 (mm)	8742,1 MJ.mm.ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>
-	Uberlândia	Uberlândia	-18°55'02"	-48°15'20"	1567,5 (mm)	8904,9 MJ.mm.ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>

Fonte: Estações nº 01 a 05 <http://hidroweb.ana.gov.br>. Estação nº 06- Laboratório de Climatologia (IG-UFU). Org. PEREIRA, J.S. 2018.

<sup>33</sup> Localizada entre os municípios de Uberlândia, Araguari e Indianópolis.

O intervalo calculado para o município de Uberlândia foi de 8112 a 9031 MJ.mm.ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Os pesos estabelecidos estão abalizados na erosividade média anual para o Estado de Minas Gerais proposto por Mello *et al.* (2007), em que os valores inseridos no intervalo de 7.357 - 9.810 MJ.mm.ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> são qualificados como erosividade alta, e os acima de 9810 MJ.mm.ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de erosividade muito alta. Nessa lógica, a nota atribuída a essa variável foi (4), correspondendo a 15% do peso total na equação.

#### 5.2.1.8 Uso e ocupação do Solo

Santos e Petronzio (2011) consideram que o mapeamento do Uso e Cobertura Vegetal, além de permitir a análise de utilização de uma determinada área de interesse, possibilita também a caracterização das interações antrópicas com o meio, bem como, a identificação da degradação e evolução da paisagem em escala temporal.

É consenso que os diferentes usos exercem influência sobre a erosão dos solos por voçorocas, entretanto, ainda não é conhecido o efetivo peso desse atributo no estabelecimento das feições. Na análise de susceptibilidade e fragilidade ambiental, o uso e ocupação tem sido considerado na maior parte dos trabalhos, especialmente sobre o viés metodológico de Ross (1994, 2012) e Crepani *et al.* (2001) e adaptações de suas proposições. Nessa perspectiva, às notas atribuídas as áreas ocupadas por pastagem, agricultura, vegetação natural nativa, corpos hídricos e área urbana estão fundamentados nos trabalhos realizados por Crepani *et al.* (2001); Reis; Costa; Ribeiro (2015); Ross (1994); Souza *et al.* (2020); Torres (2014); Valadares *et al.* (2012) (Quadro 8).

**Quadro 8** - Pesos atribuídos às diferentes classes de usos do solo

Uso	Nota	Autores
Agricultura	3	Souza <i>et al.</i> , (2020)
Vegetação natural	1	Valadares <i>et al.</i> (2012); Torres (2014); Ross 1994
Rios/Represas	1	Torres (2014); Crepani <i>et al.</i> (2001)
Pastagem	2	Reis; Costa; Ribeiro (2015); Ross (1994); Valadares <i>et al.</i> (2012)
Solo Úmido	1	Torres (2014); Crepani <i>et al.</i> (2001)
Silvicultura	3	(Ross, 1994)
Área Urbana/Construída	5	Ross (1994)

Organizado por Juliana Sousa Pereira, 2021.

Quanto ao peso, diferentemente dos outros atributos considerados foi conferido intencionalmente o valor de 10%, por julgar ainda desconhecida a real interferência deste índice frente ao estabelecimento das feições existentes, demonstrado pela variação entre os próprios valores disponíveis na literatura. Não obstante, por ser um modelo matemático de interpretação da paisagem, existem inúmeras possibilidades de testagem com os pesos e notas, abrindo espaço para estudos futuros voltados para a melhor compreensão da interferência dos usos na dinâmica erosiva.

### 5.2.2 Mapeamento das Voçorocas

O mapeamento das voçorocas foi realizado com o intuito de compreender a distribuição espacial dessas feições nas paisagens e também para servir de instrumento de validação do mapeamento da área quanto a susceptibilidade erosiva.

Primeiramente foi efetuada a demarcação das voçorocas através da plataforma Google Earth, que disponibiliza gratuitamente o acesso às imagens de satélite em diversas resoluções espaciais. A versão utilizada foi o *Google Earth Pro* que, devido a adição de algumas ferramentas, permite a importação de dados vetoriais e matriciais em diferentes formatos, o georreferenciamento de imagens, a visualização multitemporal entre outras funções.

Mesmo diante da problematização pertinente a conceituação de voçoroca, já mencionada em capítulos anteriores, foi adotada no processo de fotointerpretação a definição apresentada pelo Dicionário Geológico da CPRM, elaborado por Winge et al. (2021) em que as voçorocas são feições erosivas com profundidade expressiva quando comparado as ravinas, feições erosivas superficiais. Outro critério adotado diz respeito à possibilidade de obliteração ou não dessas feições por maquinários agrícolas.

No processo de identificação das voçorocas foram considerados como chaves de interpretação de imagens: tonalidade, cor, textura, tamanho, forma, sombreamento e localização na vertente. A interpretação das formas foi realizada com 1.3 km de altitude do ponto de visão, levando em conta as feições ativas e estabilizadas. Os dados conseguidos possuem coordenadas geodésicas (latitude e longitude) e Datum SIRGAS 2000.

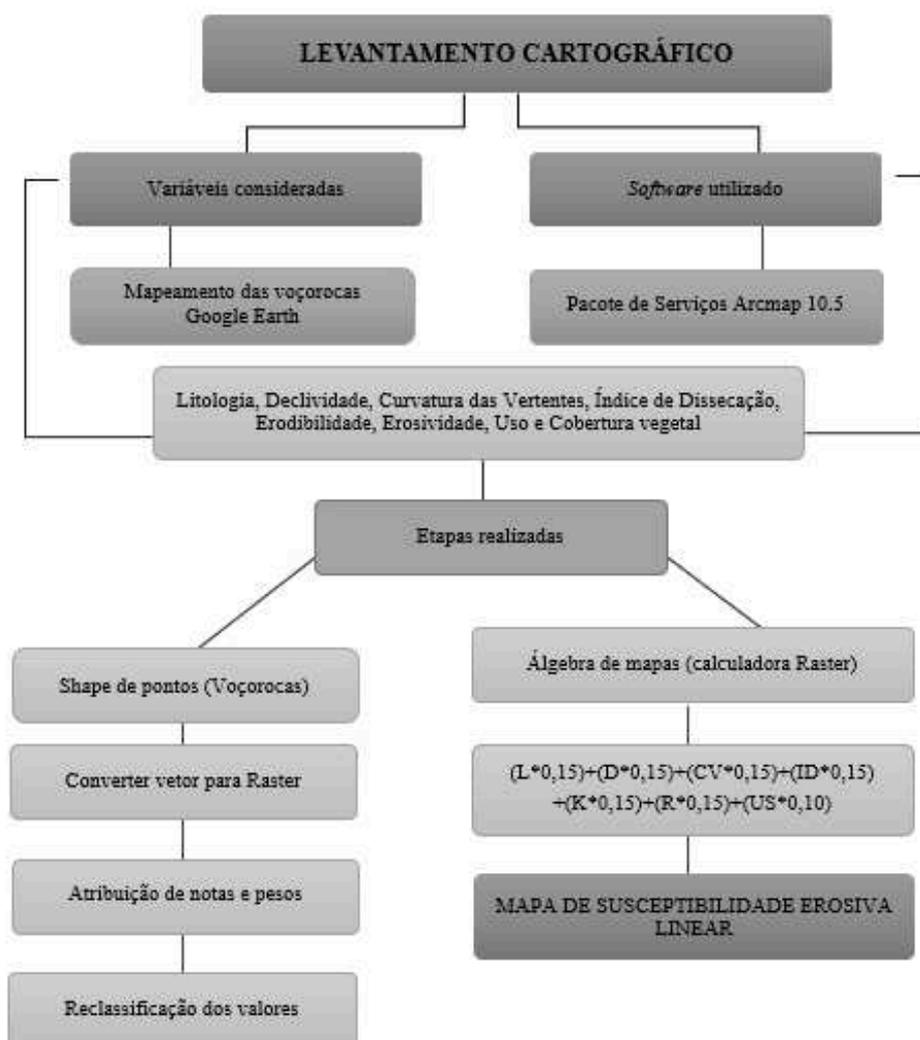
Valeu-se conjuntamente da ferramenta “Imagens Históricas” na identificação das feições erosivas, particularmente pela possibilidade de visualização das áreas de interesses em épocas

distintas, sobretudo em períodos chuvosos e de estiagens, característicos do clima da região. Nessa perspectiva, não foram consideradas as feições em que não foi possível conseguir maior acurácia, devido ao adensamento da vegetação ou à baixa resolução da imagem, reforçando a necessidade de um trabalho de campo efetivo para maior validação do mapeamento realizado.

Para a confecção do mapa, contendo a localização das voçorocas, foi feita a exportação do arquivo contendo as coordenadas geográficas para a planilha em Excel, posteriormente a transformação desses dados em um shape de pontos no ArcMap 10.5.

O organograma 3 demonstra as etapas realizadas para a elaboração do mapa de susceptibilidade dos solos a erosão por voçorocamento.

**Organograma 3** - Procedimentos para elaboração do mapa de susceptibilidade erosiva



Organizado por Juliana Sousa Pereira, 2021.

## 5.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

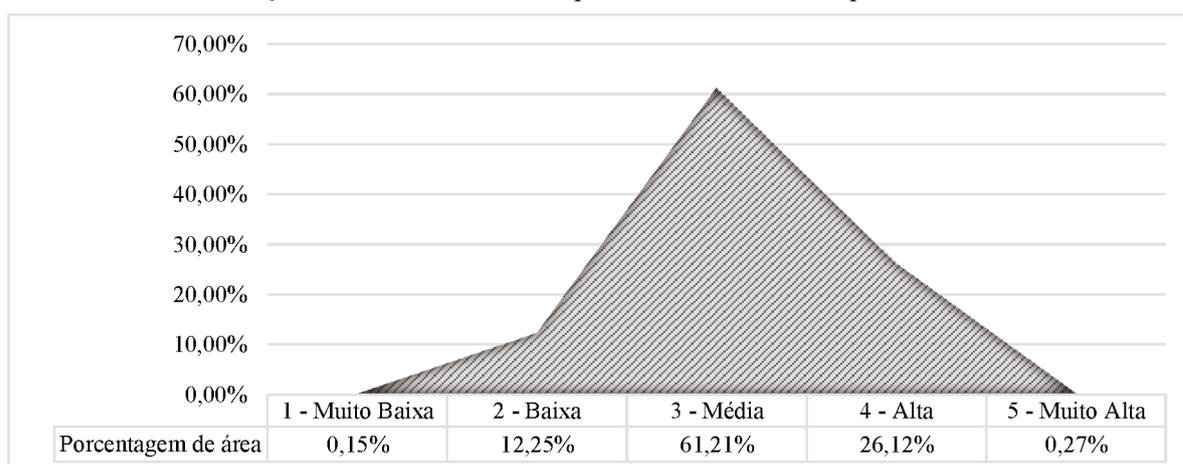
### 5.3.1 Análise da Susceptibilidade Erosiva para o Município de Uberlândia

São muitos os fatores que influenciam na variação espacial da susceptibilidade erosiva frente aos processos de voçorocamento, como o relevo e suas variadas formas, curvaturas e declividades, os índices pluviométricos elevados, a litologia, a morfologia dos solos e as atividades antrópicas. Esses fatores, de forma integrada, condicionam maior ou menor susceptibilidade de uma área aos processos de esculturação da paisagem.

A identificação e compreensão das variáveis condicionantes é consubstancial para o estabelecimento de qualquer estudo voltado para a temática erosão, sejam eles na esfera do zoneamento e planejamento ambiental, mitigação de impactos e estudos preditivos de perdas de solo. Neste contexto, foi possível analisar a susceptibilidade erosiva no município de Uberlândia a partir do cruzamento dos dados ambientais espacializados nas diversas cartas temáticas elaboradas (Mapa 8).

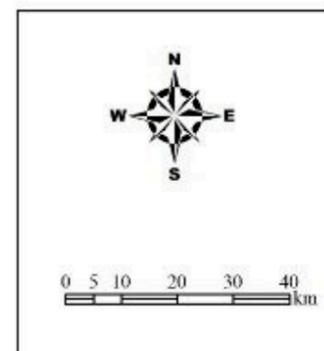
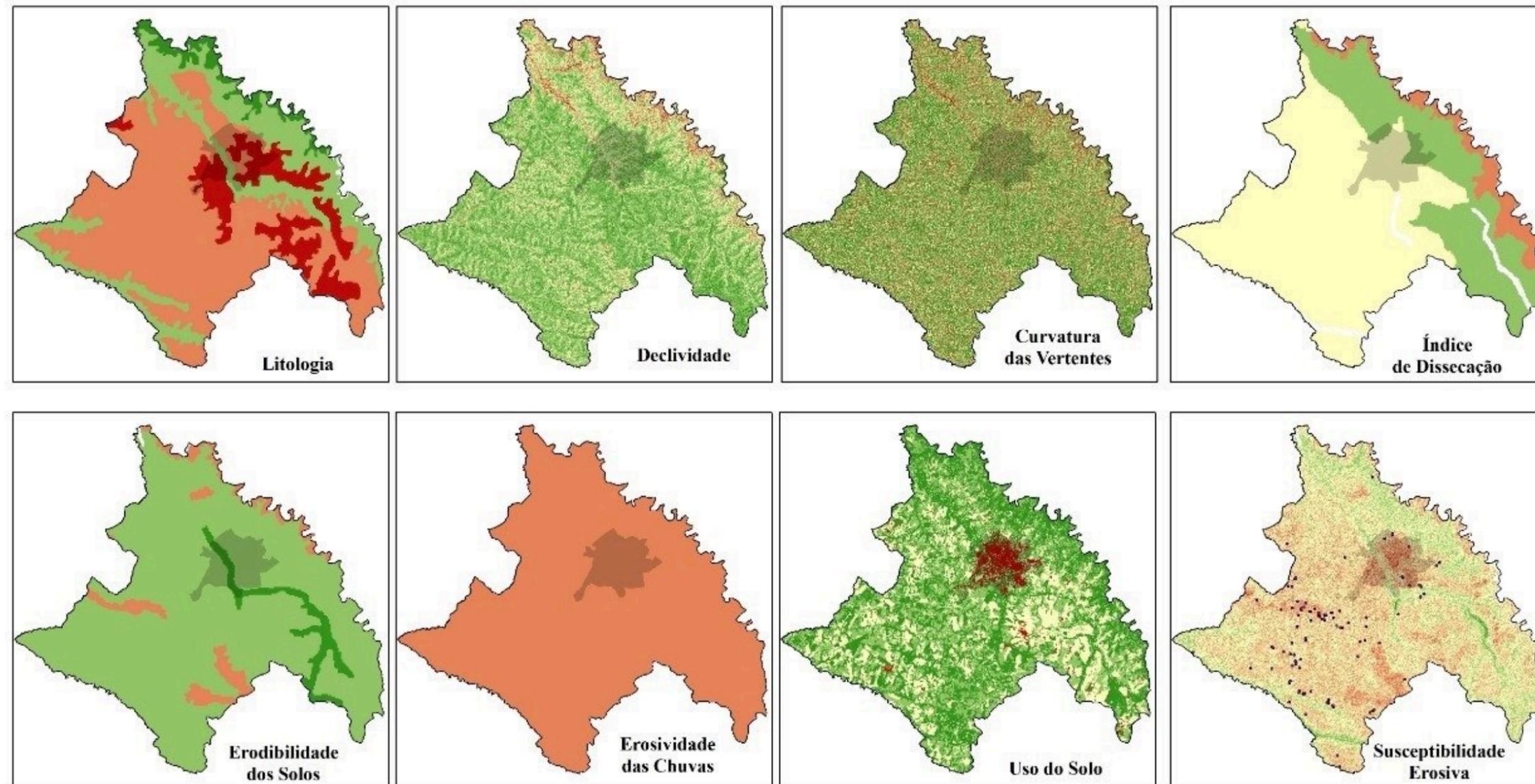
O cenário pela integração dos planos de informações evidenciou que os diferentes índices de susceptibilidades alcançados estão associados às características fisiográfica naturais e a interferência antrópica. Os dados acerca da susceptibilidade apontaram que no município de Uberlândia predominam as classes de suscetibilidade média (61,21%) e alta com (26,12%), considerando todas as variáveis (Gráfico 5).

**Gráfico 5** - Distribuição das classes de susceptibilidade no município de Uberlândia



Organizado por Juliana Sousa Pereira, 2021.

**Mapa 8-** Mapas Temáticos das variáveis consideradas na análise da susceptibilidade erosiva



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA - UFU  
 INSTITUTO DE GEOGRAFIA - IG  
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
 PPGE  
 Linha: Análise, Planejamento e Gestão Ambiental

Sistema de Coordenadas (Lat./Long.)  
 Datum: SIRGAS 2000  
 Elaboração e Execução: Giliander Allan da Silva  
 Data: mai./2021  
 Fontes: da Autora, 2021.

Tese:  
 MAPEAMENTO DAS VOÇOROCAS E ANÁLISE DA  
 SUSCEPTIBILIDADE EROSIVA NO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA,  
 MG  
 Aluna: Juliana Sousa Pereira  
 Orientador: Prof. Dr. Sílvio Carlos Rodrigues



Em relação ao embasamento geológico, as áreas mais susceptíveis aos processos erosivos estão sobre as rochas sedimentares, notadamente devido a sua constituição pelos arenitos da Formação Vale do Rio do Peixe e Formação Marília. Contudo, também foram encontradas voçorocas em terrenos basálticos, em especial nas regiões de contato litológicos da Formação Serra Geral com a Formação Vale do Rio do Peixe e com as Coberturas Cenozoicas Indiferenciadas.

Os Argissolos Vermelho-Amarelos apresentam maior susceptibilidade na região oeste do município. São solos com alta erodibilidade (Manningel *et al.*, 2002) e, embora sejam muito intemperizados, de boa drenagem, a mudança textural no perfil quando abrupta confere menor resistência aos processos de desagregação das partículas. Foi observado que as voçorocas estão estabelecidas maiormente no contato entre os Argissolos Vermelhos-Amarelos com os outros tipos pedológicos mais estáveis, como os Latossolos Vermelhos e Latossolos Vermelhos Amarelos.

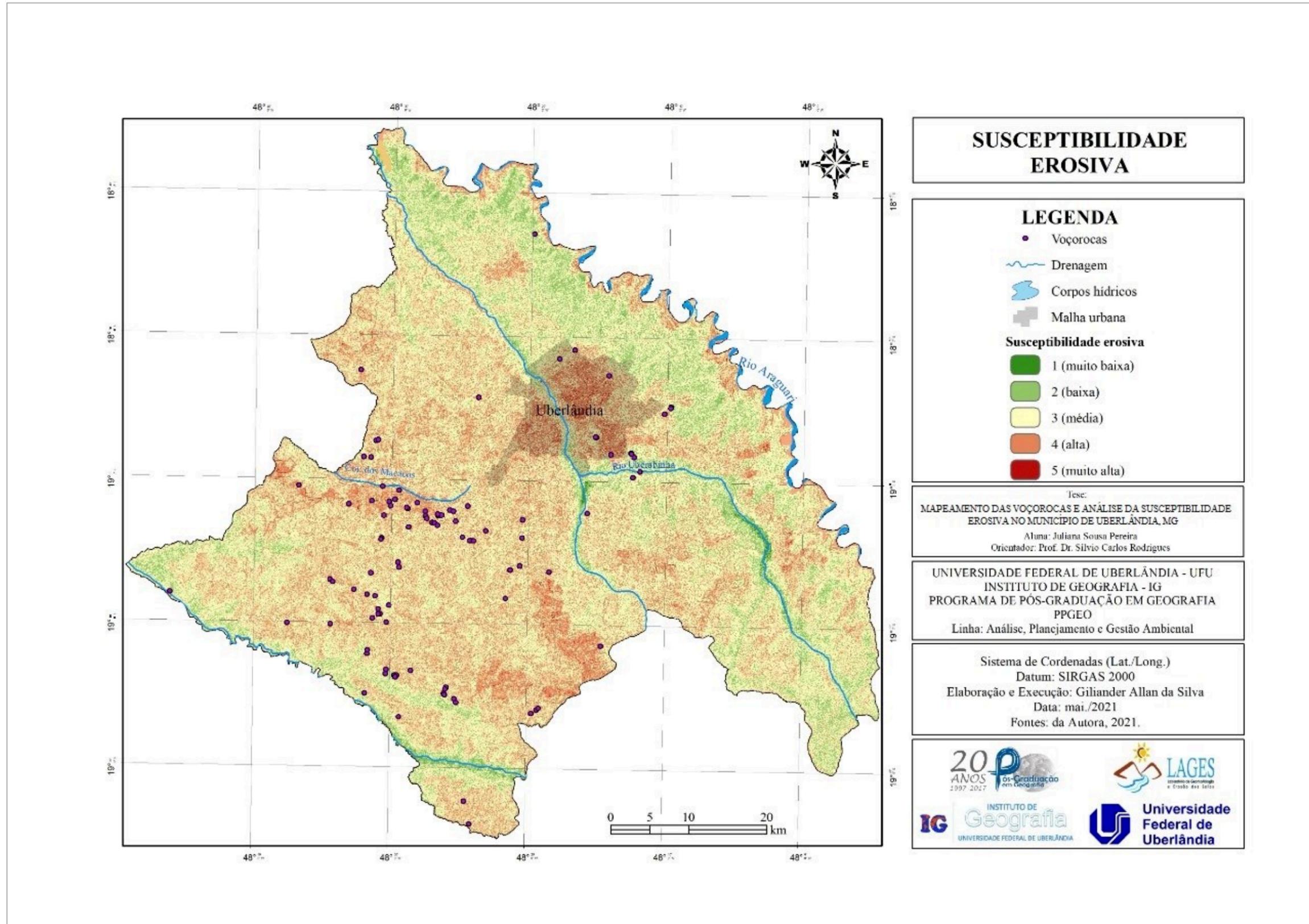
É imprescindível considerar a classe de solos no bojo das variáveis empregadas nos estudos de susceptibilidade erosiva, pois este recurso, segundo Pereira Neto e Fernandes (2015) reflete o grau das interações constituindo-se em um dos indicadores da instabilidade ou estabilidade da paisagem.

Ao analisar a distribuição dos índices de susceptibilidade erosiva constatou-se que os compartimentos com a predominância dos maiores índices de dissecação apresentam também maior predisposição a erosão dos solos pela interferência direta na intensidade e concentração do escoamento superficial, a exemplo do *Canyon* do Rio Araguari e do Planalto Dissecado do Tijuco (Mapa 9).

O *Canyon* do Araguari possui o maior índice de dissecação do município (Dc43), as vertentes são muito côncavas, e receberam uma nota maior por esta característica. Os tipos pedológicos predominantes são os Argissolos, apresentando susceptibilidade erosiva alta e muito alta. Nesta Morfoescultura apenas os componentes litológicos e uso dos solos apresentaram susceptibilidade baixa e muito baixa.

Não foi identificada nenhuma feição erosiva do tipo voçoroca, evidenciando que a modelagem ambiental em muitos estudos confere uma relativa valorização dos elementos topográficos frente aos demais. As áreas de susceptibilidade média a alta estão localizadas em relevo com declividades de 5° e 10° conjugadas com os usos dos solos intensificados, como pastagens e agricultura, a exemplo do Planalto do Tijuco com o padrão Dt33; Dt32; Dc33; Dt13; Dt23.

Mapa 9 - Susceptibilidade erosiva para o município de Uberlândia



No estabelecimento dos pesos para os modelados, foi atribuída às Planícies fluviais a nota nula, por ser um compartimento com o predomínio dos processos de agradação.

O perímetro urbano apresentou susceptibilidade alta pela predominância do substrato rochoso composto pelas Cobertura Superficial Indiferenciada e Formação Marília e também por receber o peso máximo na atribuição do uso de solo. Os loteamentos na cidade têm se expandido e muitas vezes sem estudos efetivos referentes ao ordenamento do território. Foram contabilizadas voçorocas urbanas e identificados variados estágios críticos de degradação de veredas, assoreamento de calhas fluviais, acúmulo de lixo, alagamentos em pontos específicos e usos conflitantes nas áreas de APP.

Os índices pluviométricos da região apresentam-se intensos e relativamente uniforme quando comparados à média total do município. Típico de clima tropical, com duas estações bem definidas, e com concentração das chuvas no verão, a área apresentou susceptibilidade alta frente a erosividade das chuvas, de acordo com a classificação de Mello *et al.* (2007).

Ainda que seja o elemento principal para o desencadeamento do processo de erosão, pela desagregação e transporte das partículas, por apresentar o mesmo peso de erosividade para todo o município, foi observado que essa intensidade não interferiu na tendência que o mapa de susceptibilidade alcançaria sem esta variável. É uma constatação para este estudo de caso específico, sem desconsiderar a sua interferência associada às declividades elevadas, sistemas pedológicos frágeis e práticas de manejo eficientes.

As áreas com baixa suscetibilidade erosiva no município deve-se a presença de relevo tabuliforme com padrões de modelado Dt 22 e Dt 12, com baixa densidade de drenagem e fraco entalhamento dos vales, constituído sobre litologia basáltica da Formação Serra Geral, com predomínio de Nitossolos Vermelhos e Latossolos Vermelhos, e usos caracterizados pela vegetação natural, solos úmidos, pequenas glebas destinadas à silvicultura e agricultura entremeadas pelas pastagens. Nessas áreas há o predomínio dos processos laminares frente aos lineares.

No município de Uberlândia, a maior parte das voçorocas estão vinculadas às cabeceiras de drenagens, em vertentes convexas, conectadas ao canal hídrico tanto no Planalto Tabular quanto no Planalto Dissecado. Muitas são conectadas ao canal hídrico enquanto outras avançam sobre os interflúvios conectando-se a outras feições, característica observada no planalto dissecado.

### 5.3.2 Distribuição das voçorocas no município de Uberlândia

#### *Planalto Dissecado do Tijuco*

A metodologia adotada para identificação das feições através do *Google Earth* possibilitou o mapeamento de 102 voçorocas. Foram consideradas voçorocas ativas e estabilizadas, sendo esta última em menor número.

As voçorocas estão distribuídas nas unidades geomorfológicas do município, apresentando expressiva concentração no Planalto Dissecado do Tijuco, com 79,4% das feições contabilizadas. Baccaro (1994) já tinha chamado atenção para a erosão acelerada nesse compartimento, considerando que a ocorrência de voçorocas está subordinada em primeira instância às próprias características fisiográficas da área de estudo e também à intervenção antrópica, responsável pela supressão da vegetação de Cerrado (Figura 14).

**Figura 14** - Vista parcial de voçoroca estabelecida na bacia do Ribeirão Douradinho, Uberlândia-MG



Fonte: Juliana Sousa Pereira, 2021.

Ainda para a autora, a substituição da vegetação nativa pelas pastagens, a abertura de estradas, as práticas de conservação ineficientes aliadas ao baixo índice de coesão dos solos interferiram na dinâmica hídrica das vertentes, desencadeando processos erosivos acelerados.

Outro elemento interferente está relacionado ao direcionamento dos fluxos de águas pluviais que muitas vezes são conduzidos das vias pavimentadas ou não para as áreas de cabeceiras de drenagens ou em áreas de declividade acentuada, conferindo neste âmbito ainda mais energia e aumentando o potencial desintegrador do fluxo em superfície.

Na unidade do Planalto Dissecado do Tijuco foi observado que grande parte das voçorocas identificadas estão nas proximidades das estradas de terra, podendo se configurar como um dos elementos desencadeadores ou intensificadores dos processos erosivos (Figura 15). Assim, o homem pode ser considerado, na perspectiva do Tecnógeno, um agente responsável pelas alterações na paisagem devido a aceleração de processos de intemperismo, erosão e sedimentação, acarretando danos aos ambientes.

A complexidade envolvida na erosão por voçorocamento, seja pela diversidade de fatores condicionantes e/ou interação dos processos na esculturação da forma, bem como pelo estabelecimento dos impactos, tem sido elucidado por diversos pesquisadores.

A preocupação com a degradação ambiental efetivada em 1972 suscitou questionamentos acerca da poluição dos solos e da água, e corroborou para o estabelecimento e aperfeiçoamento da legislação ambiental. No Brasil, a primeira lei ambiental data os anos de 1981 e passou por diversas reformulações desde então.

**Figura 15** - Concentração de voçorocas próximas as estradas não pavimentadas



Fonte: Google Earth (Data da Imagem 08/2019).

Considerando a escala de município, até meados da década de 90, não havia em Uberlândia área destinada ao descarte correto dos resíduos domésticos e industriais, e muitas das voçorocas foram utilizadas para essa finalidade.

Além dos impactos oriundos da erosão acelerada, os indícios de contaminação do lençol freático constituem-se mais um agravante no cenário da degradação. A exemplo do descarte dos pneus inservíveis, dificultando ainda mais o processo de recuperação dessas áreas (Figura 16). Os pneus eram descartados na tentativa de conter o avanço da erosão e, visto também, como uma alternativa de alocação desse material de difícil decomposição.

**Figura 16** - Voçorocas utilizadas para depósitos de pneus inservíveis



Foto A – Pneus inservíveis depositados em voçoroca. Foto B – Voçoroca de grande dimensão com resíduos de construção civil e pneus. **Fonte:** Acervo do Laboratório de Geomorfologia e Erosão dos Solos [entre 2000 e 2004] (LAGES).

Nesse cenário de degradação, as questões relacionadas à saúde pública recebem destaque, pela possibilidade de proliferação dos mosquitos vetores de doenças, como a dengue e tantas outras e também pela contaminação do lençol freático, solos e poluição do ar oriundos da incineração dos pneus. A queima dos pneus deixou vários resquícios desses materiais no interior das voçorocas, como arame e o próprio pneu deteriorado, disposto em camadas estratigráficas, observadas na figura abaixo (Figura 17).

Silva *et al.*, (2004), ao estudarem algumas voçorocas no município de Uberlândia, constataram indicativos de contaminação do solo pela presença de óleo e graxa próximos ao lençol freático.

E como parte da dinâmica erosiva, grande parcela desses resíduos foram carreados em direção ao fundo de vale interferindo na qualidade da água.

No âmbito do manejo de resíduos sólidos, Pereira *et al.* (2018) afirmam que a incineração de pneus se configura numa forma de eliminação desses materiais, diminuindo a superlotação nas áreas de descarte. Contudo, é uma prática reprovável, devido às emissões de compostos tóxicos e a consequente poluição do ar.

**Figura 17** - Resquícios de materiais oriundos da incineração de pneus nas voçorocas



Foto A e B – Pneus descartados no interior de voçorocas na bacia hidrográfica do Córrego dos Macacos, Uberlândia - MG. Foto C e D – Evidência de depósito tecnogênico com resíduos de pneus nas camadas estratigráficas da voçoroca. **Fonte:** Juliana Sousa Pereira, 2021.

Nesta unidade geomorfológica as voçorocas estão concentradas principalmente nas áreas de mediana dissecação do relevo com declividade de 5° a 10°, especialmente no contato do Planalto Dissecado do Tijucu com o Planalto Tabular. As voçorocas estão alinhadas com as rupturas na vertente mantidas pela laterita sobreposta a uma camada enrijecida de arenito (Baccaro, 1989; 1994) e também com o rebaixamento do nível de base (PEREIRA; PEDROSA, 2015).

Em alguns lugares como observado por Baccaro (1989;1994), as voçorocas apresentam muitas ramificações em forma de alvéolos fechados por esporões. A autora afirma que as feições erosivas ao aprofundarem a incisão e atingirem as camadas de arenito da Formação Vale do Rio do Peixe ou Marília passam a evoluir lateralmente com o alargamento das paredes e deposição dos materiais desagregados (Figura 18).

**Figura 18** - Voçorocas com paredes alargadas em formato alveolar



**Fonte:** Juliana Sousa Pereira, 2021.

As análises realizadas em gabinete possibilitaram a identificação de um outro padrão de voçoroca para esta unidade de relevo. Que, de acordo com Baccaro (1994), são feições profundas, com menor ramificação e sem estruturas de alveolização no seu interior. No entanto, ao alcançarem as posições da alta vertente, apresentam-se com ramificações laterais devido o direcionamento do escoamento pluvial concentrado. Essas feições são menos frequentes na paisagem quando comparada com as voçorocas descritas anteriormente (Figura 19).

Através do mapeamento realizado foi observado que grande parte das voçorocas ainda estão ativas pela quantidade de sedimentos evidenciadas nas imagens e também pela própria

disposição pontual e espaçada da vegetação estabelecida em cima do material coluvial depositado sobre o arenito. Embora seja uma das etapas iniciais para alcançar o estágio de voçoroca estabilizada, a vegetação secundária estabelecida ainda apresenta ineficiência na diminuição do escoamento superficial linear, comprovado pela observação de rotas preferenciais do fluxo hídrico sobre as bancadas de material desagregado.

**Figura 19** - Voçorocas com padrão linear, localizados no Planalto Dissecado do Tijuco



Fonte: Google Earth (Data da Imagem 07/2009).

Algumas das voçorocas visitadas são muito extensas, profundas e interligadas formando feições únicas e complexas devido à somatória de mecanismos atuantes, como o transporte de partículas do solo de maneira difusa e/ou concentrada; solapamento da base de taludes, movimentos de massa e piping, configurando-se como indicativos de fornecimento de sedimentos para a rede de drenagem ou áreas mais baixas.

Os solos próximos a estas voçorocas são bastante compactados com a presença de crostas formadas pela retirada da vegetação e a ação da água em suas diversas formas erosivas. O solo endurecido dificulta o processo de infiltração ao mesmo tempo que favorece o escoamento em superfície.

Foram identificados no interior das incisões diversas feições erosivas, como as fendas, sulcos, ravinas, alcovas de regressão, queda de blocos, pedestais (*demoiselles*) e *pipes* (dutos). Oliveira (2015) caracteriza as alcovas como feições oriundas do escoamento superficial ou pela exfiltração do lençol freático, bem como pela interação entre estes mecanismos (Figura 20).

A queda de bloco ou torrões indica a ocorrência de movimentos de massa associados ao solapamento da base de taludes ou ao desprendimento de material ao longo da encosta, sobretudo, nas fendas de tração. Nas quais o escoamento superficial, juntamente com a gravidade, desprende o solo desnudo, acarretando o desabamento (OLIVEIRA, 2015).

**Figura 20** - Presença de sulco e alcova de regressão em área degradada no município de Uberlândia – Córrego dos Macacos



Foto A – Aprofundamento da feição erosiva pelo fluxo superficial concentrado. Foto B – Alcova formada em parede de voçoroca. **Fonte:** Juliana Sousa Pereira, 2021.

A Figura 21 demonstra o retrabalhamento nas bordas da voçoroca evidenciando os sinais da evolução dos processos, percebidos pelos sinais no fundo e na parede, como escorregamentos, desprendimento e a formação das feições testemunhas.

**Figura 21-** Evidências de quedas de blocos em voçoroca (Ribeirão Douradinho)



**Fonte:** Juliana Sousa Pereira, 2021.

As *demoiselles*, também denominadas de pedestais ou pirâmides de fada, são formas oriundas da erosão diferencial condicionada pelo escoamento superficial (Figura 22). O fluxo em superfície ao transportar os detritos não consegue remover a estrutura que está protegida por fragmentos de rocha mais resistentes, destacando as pequenas pirâmides residuais (GUERRA, 2015). Oliveira (2015) afirma que estas formas são comuns no interior das ravinas e voçorocas, servindo inclusive de parâmetro de estimativa da ablação pluvial da superfície em que foram esculpidas.

Os pipes são canais abertos em subsuperfícies, com diâmetros variados, originam-se devido à dissolução e carreamento dos minerais em subsuperfícies e são capazes de transportar uma grande quantidade de materiais (GUERRA, 2015).

**Figura 22** - Presença de *Demoiselles* (Pedestais) no interior de voçorocas

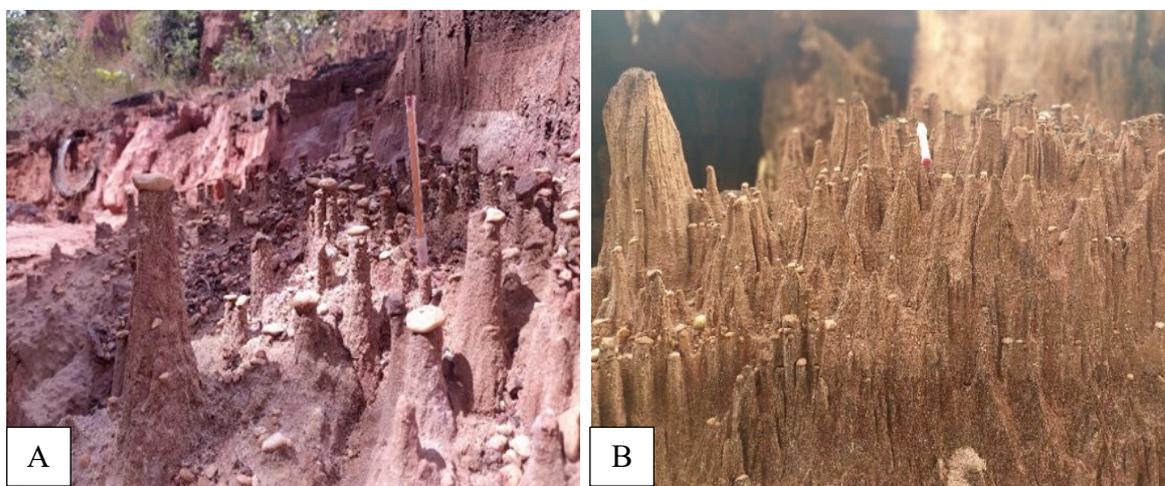


Foto A e B – Registradas em voçorocas da bacia do Ribeirão Douradinho: **Fonte:** Juliana Sousa Pereira, 2021.

Augustin e Aranha (2006), em seus estudos sobre *piping* em Minas Gerais, através de evidências em campo, correlacionaram o *piping* ao desenvolvimento de voçorocas. Pereira e Pedrosa (2015) identificaram em voçorocas do planalto dissecado, dutos e linhas preferenciais evidenciando a descontinuidade do material e também a saída do fluxo hídrico por esses canais.

Os dutos possuem tamanhos distintos, apresentam formas circulares e estão localizados em diferentes posições na vertente (Figura 23). Segundo a literatura especializada, os pipes são intensificados na estação chuvosa. Foi observado nas voçorocas visitadas a presença dos pipes<sup>34</sup>

<sup>34</sup> A presença de pipes nas voçorocas presentes em áreas do Domínio Morfoclimático do Cerrado é comum segundo a literatura especializada. Entretanto, existem também muitas cavidades semelhantes e que são formadas pela ação

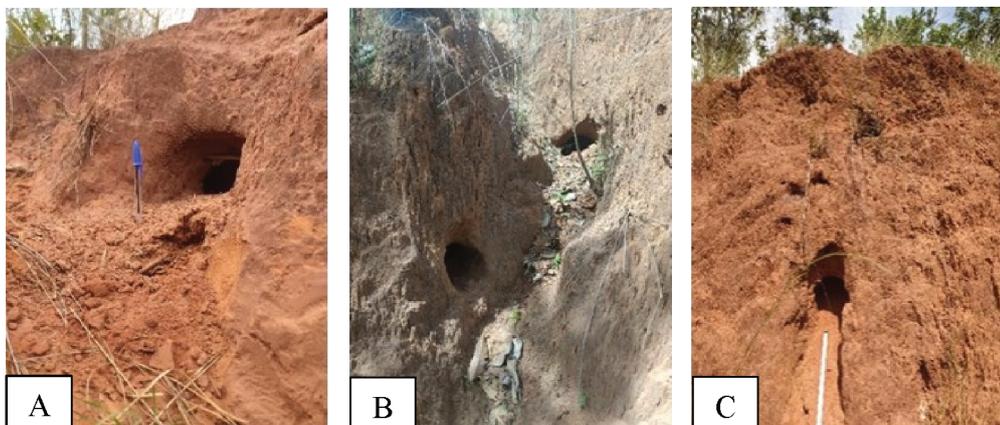
nas paredes laterais e o notável transporte de sedimentos por essas cavidades, especialmente pelo material desagregado presente nos campos de saída (Figura 24).

**Figura 23** - Presença de pipes na parede da voçoroca



**Fonte:** Juliana Sousa Pereira, 2021.

**Figura 24** - Pipes localizados nas paredes de diferentes voçorocas no Planalto Dissecado do Tijuco



Fotos A, B e C – Presença de sedimentos na cavidade dos pipes, evidenciando o carreamento de material durante a atuação do processo. **Fonte:** Juliana Sousa Pereira, 2021.

de pássaros. Assim, faz-se necessário considerar que essas feições foram registradas em período de estiagem e que não houve a possibilidade de comprovação pela atuação do *piping*.

Fundamentado nos estudos de Baccaro (1989, 1990, 1994) é possível afirmar que o estabelecimento de voçorocas no município de Uberlândia está relacionado às atividades antrópicas e também aos elementos morfogenéticos naturais, que condicionam determinadas áreas a maior susceptibilidade erosiva, oriunda da menor resistência lito/pedológica.

Pereira e Pedrosa (2015), com o intuito de entender o expressivo voçorocamento no município consideraram também o controle estrutural pela atuação tectônica na gênese dessas feições. Segundo os autores, “os alinhamentos NW-SE presentes nesta região são notáveis no controle da distribuição das rochas do Grupo Bauru e da rede de drenagem regional”, coincidindo com a localização das voçorocas que estão na mesma orientação, no contato entre o Planalto Dissecado e o Tabular (PEREIRA; PEDROSA, 2015, p. 96).

### *Planalto Tabular*

Nas áreas do Planalto Tabular, o número de voçorocas que permeiam a paisagem é menor quando comparado às áreas do Planalto Dissecado. Esta unidade geomorfológica de topos aplainados e vales de baixa dissecação exprime uma dinâmica hidrológica característica de áreas de relevo suavizado, na qual, de acordo com Baccaro (1989; 1994), há uma atuação maior dos processos de erosão laminar na remoção dos sedimentos.

Embora as áreas apresentem baixas declividades e se este atributo topográfico fosse considerado isoladamente, essas áreas apresentariam baixas susceptibilidade natural ao desenvolvimento de feições erosivas. Entretanto, foram identificadas 21 voçorocas correspondendo a 22,6% das incisões. Segundo Baccaro (1989; 1994), esta unidade é sustentada pelo arenito da Formação Marília, coberto pelos sedimentos cenozoicos e presença de solos hidromórficos nas proximidades dos canais de drenagem. Se configurando em um condicionante importante no desenvolvimento das voçorocas, maiormente pelo fendilhamento oriundo do ressecamento do solo (BACCARO, 1989; CARRIJO; BACCARO, 2000). Foram identificadas voçorocas extensas e profundas como a voçoroca do Córrego Campo Alegre, localizada no perímetro urbano, especificamente no setor sul da cidade.

Em função das próprias características do relevo, o município de Uberlândia possui uma vasta rede de drenagem, totalizando 23 Córregos urbanos, destes, quatro estão canalizados, e os outros apresentam alguns aspectos de degradação, sem APPs, erosão acelerada, assoreamento

dos canais e acúmulo de lixo doméstico (BRANDÃO; LIMA, 2002; CAMPOS, VILELA, 2008).

A exemplo dos Córregos mencionados na literatura, como o Córrego Buriti (Carijo; Baccaro, 2000); Campo Alegre (Borges; Oliveira, 2018; Giffoni, 2010; Silva, 2010 ), o Guaribas (Oliveira; Rodrigues, 2009), Córrego do Óleo (Brandão; Lima, 2002), Córrego Liso (Borges, 2005) , Córrego do Cavalo (Borges, 2005; Brandão; Lima, 2002); São Marcos (Del Grossi *et al.*, 2010), Buritizinho (Moraes; Silva; Cardoso, 2014), Bons Olhos (Brandão; Lima, 2002; Silva *et al.*, 2004) dentre vários outros.

É possível dizer, com base nos trabalhos publicados por Baccaro (1989;1994); Borges e Oliveira (2018); Carijo e Baccaro (2000); Del Grossi *et al.*, (2010); Giffoni (2010) e Rodrigues (2014) que os processos erosivos por voçorocamento são naturais no domínio dos Cerrados.

Contudo, a supressão da vegetação natural, o corte de estradas, a exploração de cascalho, o direcionamento do fluxo pluvial, os rompimentos de bacias de contenção e tanques destinados a piscicultura atrelado aos outros condicionantes acabam por intensificar a erosão dos solos no município provocando o assoreamento dos canais com formação de extensos depósitos de materiais erodidos (Figura 25).

**Figura 25** - Voçoroca estabelecida na proximidade da BR 365, próximo a KM 658



**Fonte:** Google Earth (Data da Imagem 05/2019).

As feições erosivas nesse compartimento apresentam as mais diversificadas formas e geralmente são pouco ramificadas, possuem menor dimensão e profundidade frente às voçorocas estabelecidas no Planalto Dissecado do Tijuco, não obstante, nas áreas de exploração de cascalho foram identificadas voçorocas de extensões e profundidades significativas, como a jusante da represa de Sucupira e no Córrego do Glória, ambos na bacia do rio Uberabinha (Figura 26).

**Figura 26** - Voçoroca na Fazenda Experimental do Glória (UFU)



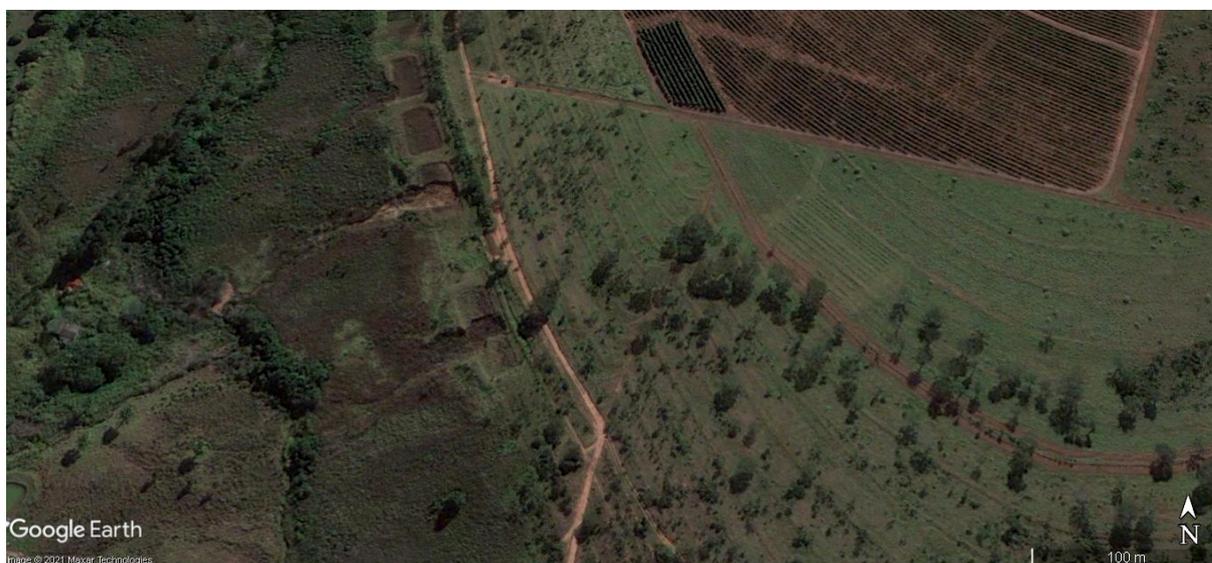
**Fonte:** Banco de dados do Laboratório de Geomorfologia e Erosão dos Solos (2004).

As erosões são intensificadas e muitas vezes tem a sua gênese no próprio manejo incorreto, com evidência de falha técnica com o rompimento de tanques, como ocorrido na Fazenda Experimental do Glória e na cabeceira do Córrego Olhos d'Água, acarretando uma cicatriz profunda e em rápido intervalo de tempo. Tanto no primeiro caso, com a atividade de piscicultura, quanto no segundo, destinado à drenagem pluvial, as bacias foram subdimensionadas e não comportaram o volume hídrico contribuindo com o aporte de sedimentos na baixa vertente e cursos hídricos (Figura 27).

São vários os problemas relacionados à erosão nesse compartimento, sobretudo nas bacias hidrográficas que estão totais ou parcialmente inseridas no perímetro urbano, tendo as áreas limítrofes das nascentes não respeitadas com a impermeabilização das áreas de recarga e com o direcionamento do escoamento pluvial para as suas cabeceiras, uma alternativa barata e também bastante recorrente e que tem contribuído para o alargamento das incisões erosivas, o

rebaixamento do lençol pelo aprofundamento do talvegue, a contaminação do solo e o assoreamento dos canais, confirmando que os impactos conexos às voçorocas não estão restritos apenas ao local de estabelecimento do processo.

**Figura 27-** Rompimento de tanques destinados a piscicultura (Fazenda Experimental do Glória)



**Fonte:** Google Earth (Data da Imagem 06/2010).

A impermeabilização das vias e o crescimento dos bairros requerem um planejamento efetivo, especialmente por se tratar de uma unidade sistêmica como a bacia hidrográfica. A pavimentação das vias públicas impede a infiltração da água no solo e aumenta o fluxo e intensidade do escoamento superficial, interferindo nas trocas energéticas e desencadeando uma série de impactos socioambientais.

Borges e Oliveira (2018) fizeram o levantamento do uso e ocupação dos solos para a bacia hidrográfica do Córrego Campo Alegre, e fica nítido o quanto a interferência antrópica pode intensificar a erosão dos solos em áreas susceptíveis, bem como colocar a população em vulnerabilidade ambiental, afetando as infraestruturas urbanas públicas e residenciais.

De acordo com as pesquisas voltadas para o diagnóstico das bacias e microbacias hidrográficas de Uberlândia é possível ter ciência dos diversos cenários ambientais referentes aos córregos da cidade. Atrelado a este levantamento bibliográfico, ao mapeamento realizado e à visita em campo, foi percebido que, enquanto no Planalto Dissecado do Tijuco, as voçorocas apresentavam um padrão dendrítico, no Planalto Tabular o padrão das voçorocas tende a ser

linear e com cicatrizes pouco profundas, obviamente existem as exceções e voçorocas com formação de anfiteatros e com padrão bulbiforme também foram identificadas.

Algumas das voçorocas em solos hidromórficos têm a sua evolução no alargamento das cabeceiras de drenagens e outras têm alteração do canal fluvial que passa a ser meandrante. Ao mesmo tempo que a erosão foi intensificada com a retirada da vegetação natural, em especial as veredas, os processos erosivos de quedas de blocos, subsidências, *piping* e o assoreamento do canal contribuem ainda mais para a efetivação do estágio de degradação da área (Figura 28 e 29).

**Figura 28** - Voçoroca estabelecida no Córrego Campo Alegre – Setor Sul da cidade de Uberlândia



**Fonte:** Juliana Sousa Pereira, 2021.

Muitos dos Córregos pertencentes à bacia hidrográfica do rio Uberabinha, principal canal hídrico do Planalto Tabular, sofrem os impactos diretos oriundas da degradação da mata ciliar e também da urbanização. Foram observados o descarte de lixo doméstico e materiais de construção civil às margens ou nas incisões erosivas.

Borges e Oliveira (2018) demonstraram, através do mapa de uso e ocupação, que a voçoroca do Córrego Campo Alegre compõe a paisagem desde meados da década de 1990, e apresenta uma susceptibilidade natural ao desenvolvimento da erosão pelas próprias características pedológicas, com solos instáveis, e geomorfológicas, com as vertentes longas. Juntamente com

estes fatores, a interferência antrópica atua na dimensão espaço/tempo intensificando os processos e por conseguinte, os impactos.

Esta voçoroca também foi direcionada ao descarte de resíduos na década de 90 e, posteriormente, com a construção de galerias, integrou a rede de captação de água pluvial e esgoto doméstico. Este manejo incorreto provocou o aumento do escoamento em superfície e o consequente desgaste dos taludes com o entalhamento dos pacotes tecnogênicos.

**Figura 29** - Fendilhamento do solo, quedas de blocos e formação de bancada de sedimentos – Voçoroca estabelecida no córrego Campo Alegre



Foto A – Canal de drenagem aprofundado pela erosão. Foto B – Presença de paleoturfa nas paredes da voçoroca.  
**Fonte:** Juliana Sousa Pereira, 2021.

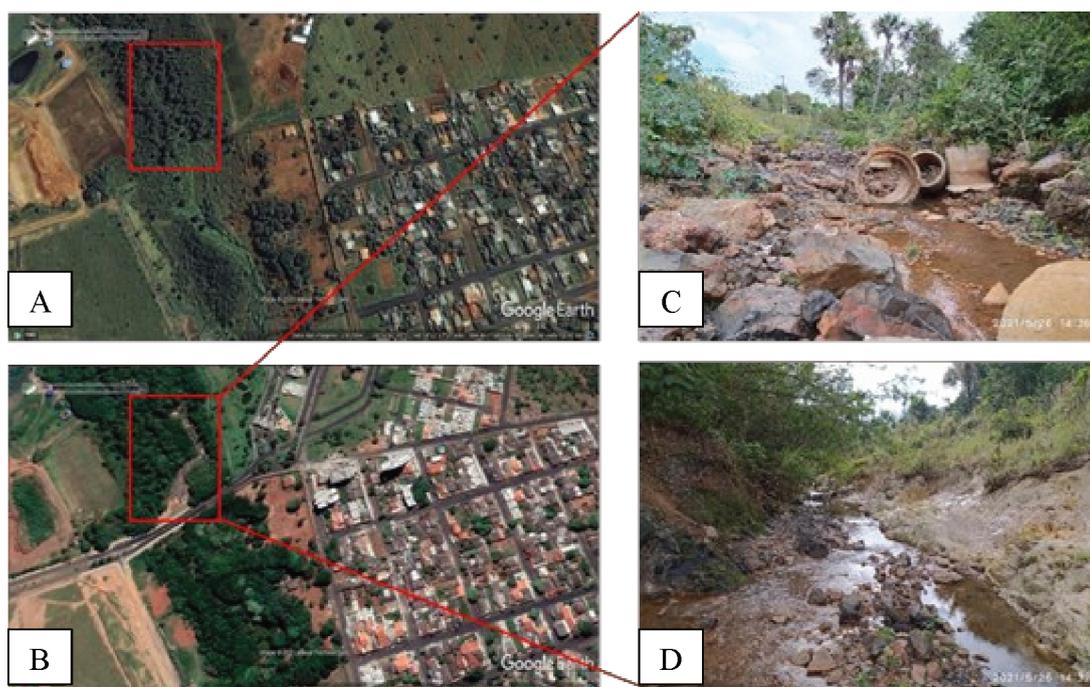
Outra voçoroca estabelecida sobre o domínio das Veredas está situada no setor leste do município, no Córrego Buritis, afluente do Rio Araguari. De acordo com Carrijo e Baccaro (2000), a vertente convexa e o solo areno-argiloso são facilitadores naturais da erosão pluvial. Ainda para as autoras, existem registros dessa voçoroca desde 1965.

A bacia do Córrego Buritis compreende o perímetro rural e urbano, sendo aproveitada para os diversos usos e ocupação da terra, com atividades voltadas para a pecuária, cultivos de hortaliças e recentemente o estabelecimento de condomínios e criação de vias públicas margeando o seu canal principal. Os sinais de degradação das pastagens e matas ciliares são notórios em alguns pontos. Recobrando dos órgãos gestores um planejamento efetivo das ações direcionadas à preservação da quantidade e da qualidade dos recursos hídricos.

A prefeitura de Uberlândia fez inúmeras intervenções nesta área, especificamente na cabeceira do Córrego onde se estabeleceu a voçoroca. Atualmente, existe uma pequena represa de

contenção e a recomposição parcial da mata ciliar, contudo é percebido a alteração da paisagem neste setor da cidade, o crescimento da malha urbana, a impermeabilização das áreas de recarga e o aumento potencial do fluxo superficial tem contribuído para o aprofundamento e alargamento da incisão existente acarretando também o estabelecimento de outras cicatrizes na cabeceira do Córrego, sobretudo pela construção de galerias pluviais (Figura 30).

**Figura 30** - Intensificação dos processos erosivos na cabeceira do córrego Buritis no intervalo de 16 anos (2004 e 2020)



**Fonte:** Google Earth - Imagem A (03/2004) vista do Córrego Buritis; Imagem B- (06/2020) Alargamento do canal do córrego Buritis. Imagem C e D – Imagens do canal de drenagem registradas por Juliana Sousa Pereira, 2021.

### *Canyon do Rio Araguari*

No *Canyon* do Araguari, as feições erosivas são constituídas pelas ravinas nas porções intermediárias, onde as declividades possibilitam a formação dos fluxos superficiais das águas pluviais. Esse compartimento possui o índice de dissecação elevado com vertentes inclinadas e com coberturas pedológicas menos espessas.

Os usos do solo são compreendidos pelas APPs, por pequenas glebas destinadas à agricultura e principalmente pela predominância das pastagens. A pecuária extensiva contribui para o desencadeamento da erosão, através da compactação dos solos e do estabelecimento de

caminhos feito pelo gado, formando as rotas preferenciais do escoamento superficial (Figura 31).

Embora esta unidade apresente elevada susceptibilidade erosiva pelo componente topográfico, a preservação da vegetação, somada às características pedológicas podem ser atributos que conferem maior estabilidade à paisagem frente à erosão por voçorocamento. O mapeamento pelo *Google Earth* evidenciou também a implementação das práticas de manejo como as curvas de nível, terraceamento e plantio em contorno nesta unidade.

**Figura 31** - Ravinas estabelecidas no Canyon do Rio Araguari



Foto registada na Fazenda São Francisco, Lugar denominado Beira Rio, Uberlândia-MG. **Fonte:** Juliana Sousa Pereira, 2021.

#### 5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapeamento realizado conseguiu delimitar satisfatoriamente os índices de susceptibilidade de acordo com as notas e pesos atribuídos às variáveis consideradas. Fundamentado na interpretação dos mapas temáticos, é possível afirmar que as classes de maior suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos por voçorocamento são as unidades litológicas compreendidas pelo Grupo Bauru com as Formações Marília e Vale do Rio do Peixe e pelas Coberturas Superficiais Indiferenciadas.

Os compartimentos medianamente dissecados, com declividades entre 5° e 10°, constituídos de vertentes convexas e com classes pedológicas menos instáveis como os Argissolos Vermelhos, e com o predomínio de pastagens, são as unidades com maior susceptibilidade ao estabelecimento de voçorocas com ênfase para as zonas de contatos geológicos, pedológicos e geomorfológicos, no Planalto Dissecado do Tijuco.

As classes de susceptibilidades à erosão predominantes na área são de graus médio e alto, os condicionantes topográficos juntamente com os tipos pedológico e as formações areníticas foram os que contribuíram para a classificação da susceptibilidade erosiva elevada.

É válido ressaltar a importância das ferramentas de geoprocessamento na aplicação das metodologias apresentadas neste trabalho. Por conseguinte, a análise de multicritério somado à álgebra de mapas e a identificação das feições pelo *Google Earth* facilitaram o entendimento da dinâmica erosiva no município de Uberlândia.

Não obstante, aproveitando-se dos diagnósticos ambientais e das representações cartográficas é substancial a adoção de práticas conservacionistas e medidas mitigatórias com a estabilização de taludes, direcionamento adequado das águas pluviais e manejo que contribuam para a diminuição dos impactos.

## REFERÊNCIAS

AUGUSTIN, C. H. R. R.; ARANHA, P. R. A. Piping em área de voçorocamento, Noroeste de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 9-18, 2006. Disponível em: <http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/56> Acesso em: 08 de maio. 2019.

BACCARO, C. A. D. Estudos Geomorfológicos do município de Uberlândia. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, ano I, n.1, p. 17-21, jun. 1989. EDUFU

BACCARO, C. A. D. **Estudo dos processos geomorfológicos de escoamento pluvial em área de Cerrado- Uberlândia –MG**. 1990, 164. f. Tese de Doutorado (Geografia) Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

BACCARO, C. A. D. As Unidades Geomorfológicas e a Erosão nos Chapadões do Município de Uberlândia (MG). **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, n. 11 e 12, p. 19-34, 1994.

BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 8ª edição. São Paulo: Ícone, 2012, 335 p.

BORGES, D. J. V. **As condições sócio-ambientais de áreas de preservação permanente na zona urbana de Uberlândia: aspectos paisagísticos e sociais**. 2005. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005. Disponível em:  
<http://clyde.dr.ufu.br/bitstream/123456789/13293/1/CondicoesSocioAmbientais.pdf> Acesso em: 08 de maio. 2020.

BORGES, F.O.; OLIVEIRA, A.M.M. de. **O impacto da urbanização em bacias hidrográficas: o caso do córrego Campo Alegre**, Uberlândia. In: SILVA, E.V. da.; CARVALHO, R.G. de, Ed(s), Planejamento Urbano de Bacias Hidrográficas. Mossoró, RN: EDUERN, 2018. p.96-109. Disponível em:  
[http://www.ppggeografia.ufc.br/images/documentos/C7T2\\_compressed.pdf](http://www.ppggeografia.ufc.br/images/documentos/C7T2_compressed.pdf) Acesso em: 26 de maio, 2021.

BRANDÃO, S. L.; LIMA, S. C. Diagnóstico ambiental das Áreas de Preservação Permanente (APP), margem esquerda do rio Uberabinha, em Uberlândia (MG). **Caminhos de Geografia**, v.3, n.7, p. 41-62, Out/ 2002. Disponível em:  
<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15299/8598>. Acesso em: 26 de maio, 2021.

CAMARGO, G.; SOARES, J. A. B.; GIONGO, P. R. SIG na análise ambiental: susceptibilidade erosiva dos solos do município de Santa Helena de Goiás. In: Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG, 4., 18-20 out. 2017, Pirenópolis-GO. **Anais...UEG**, 2018. Disponível em: <https://www.anais.ueg.br/index.php/cepe/issue/view/281>. Acesso em: 15 de maio, 2021.

CAMPOS, P. B. R.; VILELA, M. A. M. A. Identificação de Impactos Ambientais no Setor Sul do Perímetro Urbano do Município de Uberlândia - Minas Gerais. Simpósio Nacional de Geomorfologia. 7, 2008, Belo Horizonte - MG, **Anais**, 2008, não paginado. Disponível em:  
<http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/7/1014.pdf> Acesso em: 26 de maio, 2021.

CAPOANE, V. Susceptibilidade a erosão na bacia hidrográfica do córrego Guariroba, Campo Grande, Mato Grosso do Sul. **Acta Brasiliensis**, v.3, n.2, p.49-55, 2019. Disponível em:  
<http://revistas.ufcg.edu.br/ActaBra/index.php/actabra/article/view/180/63>. Acesso em: 15 de maio, 2021.

CARRIJO, B. R., BACCARO, C. A. D. Análise sobre a erosão hídrica na área urbana de Uberlândia (MG). **Caminhos de Geografia**. Uberlândia, v. 1, n. 2, p.70-83, dez/2000. Disponível em:

<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15254/8555> Acesso em: 12 de fev. 2021.

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. 2 ed. São Paulo: Contexto, 1995, 152p.

COSTA, R. A; SILVA JÚNIOR, C. C. da; NISHIYAMA, L. Susceptibilidade aos processos erosivos do meio físico em Morrinhos – GO. **GEONORDESTE**, Sergipe, Ano XXI, n.2, p. 153-171, 2010. Disponível em: <https://seer.ufs.br/index.php/geonordeste/issue/view/502>. Acesso em: 10 de maio, 2021.

CHRISTOFOLLETI, A. **Geomorfologia**, 2. ed. São Paulo, Edgar Blucher, 1980. 188p.

CREPANI, E. *et al.* **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico Econômico e ao Ordenamento Territorial**. INPE, São José dos Campos, SP, 2001. Disponível em: <http://sap.ccst.inpe.br/artigos/CrepaneEtAl.pdf>. Acesso em: 10 de maio, 2021.

DEL GROSSI, S. R. *et al.* A drenagem urbana e a recarga de aquíferos: os impactos do crescimento da malha urbana de Uberlândia – MG sobre a bacia do Córrego Olhos d'Água Suely. Simpósio Nacional de Geomorfologia. 8, 2010, Recife, PE, **Anais**, 2010, não paginado. Disponível em: <http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/8/1/86.pdf> Acesso em: 15 de maio, 2021.

FERNANDES, M. M. *et al.* Susceptibilidade à erosão das terras no entorno do Rio São Francisco, trecho Três Marias-Pirapora, Minas Gerais. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 34, 28 de jul. a 2 de ago, 2013. **Anais...** Florianópolis-SC, 2013. p. 1-4. Disponível em: <https://www.eventossilos.org.br/cbcs2013/anais/arquivos/108.pdf>. Acesso em: 15 de maio, 2021.

GIFFONI, S.N. **Caracterização Comportamental das Feições Erosivas na Bacia do Córrego Campo Alegre com Base nos estudos Geológico-Geotécnico – Perímetro Urbano de Uberlândia**. 2010, 138.f. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14147/1/CaracterizacaoComportamentalFeicoes.pdf> Acesso em: 10 de abril. 2018.

GUERRA, A. J. T. Processos Erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. 8ª ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p. 149-209, 2008.

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**. 10<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p. 17-55, 2015.

LAL, RATTAN. **Soil Erosion In The Tropics: Principles e Management**. McGraw-Hill, United States of America, 1990. 580p.

LIMA, S. T.; SOUZA, J. B. de. O geoprocessamento aplicado na identificação de áreas com susceptibilidade a movimento de massas no Parque das Mangabeiras em Belo Horizonte – MG. **e-Scientia**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 1-18, 2004. Disponível em: <https://revistas.unibh.br/dcbas/article/view/118/67>. Acesso em: 15 de maio, 2021.

SILVA, V. C. B.; MACHADO, P. S. SIG na análise ambiental: susceptibilidade erosiva da bacia hidrográfica do córrego Mutuca, Nova Lima – Minas Gerais. **Revista de Geografia**. Pernambuco v. 31, n. 2, p.66-87, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/229090>. Acesso em: 15 de maio, 2021.

MANNIGEL, A. R. *et al.* Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum**. v. 24, n. 5, Maringá. p. 1335-1340, 2002. Disponível em: <http://edueojs.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/viewFile/2374/1787> Acesso em: 20 de jan., 2021.

MARCELINO, E. V. **Mapeamento de áreas susceptíveis a escorregamentos no município de Caraguatatuba (SP) usando técnicas de sensoriamento remoto**. 2004, 230f. Dissertação (Mestrado) Instituto de Pesquisas Espaciais - Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, São José dos Campos, 2004. Disponível em: [http://wiki.dpi.inpe.br/lib/exe/fetch.php?media=naturaldisasters:pdfs:dissertacao\\_marcelino.pdf](http://wiki.dpi.inpe.br/lib/exe/fetch.php?media=naturaldisasters:pdfs:dissertacao_marcelino.pdf). Acesso em: 08 de maio, 2021.

MAURO, J. R.; LOLLO, J. A. de. Uso da Técnica de Avaliação do Terreno para a Elaboração de Carta de Susceptibilidade à Erosão na Bacia do Prosa – Campo Grande, MS. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 9, n.3 jul/set. p. 23-38, 2004. Disponível em: [https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/31/14210644d0921f19f16917dbae636256\\_70c63f5c6041c9edb8e7213620af076d.pdf](https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/31/14210644d0921f19f16917dbae636256_70c63f5c6041c9edb8e7213620af076d.pdf). Acesso em: 05 de maio, 2021.

MELLO, C.R. *et al.* Erosividade mensal e anual da chuva no Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 42, n.4. Brasília, p. 537-545, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v42n4/12> Acesso em: 20 de jan., 20121.

MORAIS, T.; SILVA, A.; CARDOSO, B. N. Degradação ambiental da microbacia hidrográfica do Córrego Buritizinho em Uberlândia-MG. **Enciclopédia Biosfera**, [S. l.], v. 10, n. 18, 2014. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/2738>. Acesso em: 30 maio. 2021.

MORGAN, R. P. C. **Soil erosion and conservation**. 3ª ed. Oxford – UK. Blackwell Publishing Ltd, 2005.

OLIVEIRA, M. A. T. Processos Erosivos e Preservação de Áreas de Risco de e Erosão por Voçorocas. In: GUERRA, A. J, T; SILVA, A.S; BOTELHO, R. G. M. (Org). **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. 10ª ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p. 57-99, 2015.

OLIVEIRA, P. C. A. de.; RODRIGUES, S. C. Utilização de cenários ambientais como alternativa para o zoneamento de bacias hidrográficas: estudo da Bacia Hidrográfica do Córrego Guaribas, Uberlândia - MG. **Sociedade & Natureza**, v. 21, n. 3, 23 mar. 2009. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/9779/5869> Acesso em: 05 de maio, 2021.

OLIVEIRA, R. R. S. de. *et al.* Análise da vulnerabilidade natural dos solos à erosão como subsídio ao planejamento territorial em área da microbacia do igarapé Peripindeua, Nordeste Paraense. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, 15., 30 de abril a 05 de maio. 2011, Curitiba, PR. **Anais...** INPE, 2011, p. 4783-4790. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/07.15.19.08/doc/p1209.pdf>. Acesso em: 05 de maio, 2021.

PEREIRA, A. L. C. Análises físico-químicas de águas residuárias provenientes do processo de queima de pneus inservíveis. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG. v.26, n.02, p.171-177, 2018. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/f235/4240b12cc12d4caf3a7bbe11e30e4d31596e.pdf> Acesso em: 15 de maio, 2021.

PEREIRA, J. S.; RODRIGUES, S. C. Crescimento de espécies arbóreas utilizadas na recuperação de área degradada. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia. v. 13, n. 41, p. 102-110, mar, 2012. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/16628/9243> Acesso em: 16 de out. 2020.

PEREIRA, K. G. O; PEDROSA, A. S. As Capturas de Bacias Hidrográficas: Evidências Morfotectônicas no Contato da Chapada com o Relevo Dissecado na Bacia do Rio Tijuco. **Territorium**. Coimbra. n. 22. P. 87-102, 2015. Disponível em: [https://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Territorium/T22\\_Artg/T22\\_Artg06.pdf](https://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Territorium/T22_Artg/T22_Artg06.pdf) Acesso em: 12 de abril. 2018.

PEREIRA NETO, M. C; FERNANDES, E. Fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Seridó (RN/PB – Brasil). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v.16, n.3, (JulSet) p.399-411, 2015. Disponível em: <http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/603/473> Acesso em: 16 de out. 2020.

PRUDENTE, V. H. R. *et al.* Análises de susceptibilidade erosiva na microbacia do Rio das Lontras no sudoeste do Paraná por meio de análise multicritérios. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA, 24, 13 a 17 de set. 2015, Anais... São Pedro-SP, 2015, não paginado. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/283426629\\_ANALISES\\_DE\\_SUSCEPTIBILIDADE\\_E\\_EROSIVA\\_NA\\_MICROBACIA\\_DO\\_RIO\\_DAS\\_LONTRAS\\_NO\\_SUDOESTE\\_DO\\_PARANA\\_POR\\_MEIO\\_DE\\_ANALISE\\_MULTICRITERIOS](https://www.researchgate.net/publication/283426629_ANALISES_DE_SUSCEPTIBILIDADE_E_EROSIVA_NA_MICROBACIA_DO_RIO_DAS_LONTRAS_NO_SUDOESTE_DO_PARANA_POR_MEIO_DE_ANALISE_MULTICRITERIOS). Acesso em: 15 de maio, 2021.

REIS, T. E. dos.; COSTA, V. C. da.; RIBEIRO, F. M. **Mapeamento de susceptibilidade à erosão em zonas de amortecimento de áreas protegidas brasileiras, utilizando técnicas de geoprocessamento.** Disponível em: [https://www.riscos.pt/wpcontent/uploads/2018/Encontros/IICIR/Aprst/IICIR\\_ppt023.pdf](https://www.riscos.pt/wpcontent/uploads/2018/Encontros/IICIR/Aprst/IICIR_ppt023.pdf) Acesso em: 09 fev. 2021.

ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R.; LAURENT, F. Compartimentação do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, através do uso de geomorphons obtidos em classificação topográfica automatizada. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v.17, n.2, p.287-298, 2016. Disponível em: <http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/857/534> Acesso em: 09 fev. 2021.

ROBAINA, L. S.; TRENTIN, R. Classificação das unidades de relevo através de parâmetros geomorfométricos. *Mercator*, Fortaleza, v. 15, n.3, p. 53-66, jul./set., 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/mercator/a/xxHWcBh9FmnQpJ9xfBy6x9p/abstract/?lang=pt> Acesso em: 15 de maio, 2021.

ROCHA, E. A. V. **Processos de Voçorocamento na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Vai Vem (Ipameri-GO).** 2012, 171 f. Tese (Doutorado em Geografia) Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/15947> Acesso 11 de mar. 2019.

RODRIGUES, S. C. Degradação dos solos no Cerrado. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. (Org). **Degradação dos Solos no Brasil.** 1ªed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p. 51-85, 2014.

RODRIGUES, S. C.; SOUZA, N. C. de. Mapeamento da fragilidade ambiental no trecho de vazão reduzida do rio Araguari (MG) utilizando técnicas de geoprocessamento. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, [S. l.], v. 17, n. 3, p. 129-142, 2013. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/75443>. Acesso em: 25 de maio, 2021.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**. n.8, p.63-74. 1994. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47327/51063> Acesso em: 25 de maio, 2021.

ROSS, J. L. S. Landforms and environmental planning: potentialities and fragilities. **Revista do Departamento de Geografia**, [S. l.], p. 38-51, 2012. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/53841> Acesso em: 25 de maio, 2021.

SANTOS, A. B. dos.; PETRONZIO, J. A. C. Mapeamento de uso e ocupação do solo do município de Uberlândia-MG utilizando técnicas de Geoprocessamento. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, 15., 30 de abril a 05 de maio. 2011, Curitiba, PR. **Anais...** INPE, 2011, p. 6185-6192. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/07.28.18.42/doc/p0210.pdf> Acesso em: 25 de maio, 2021.

SANTOS, F. A. dos.; AQUINO, C. M. S. de. Suscetibilidade erosiva em área suscetível à desertificação, no estado do Piauí: subsídios ao planejamento ambiental. **Caderno de Geografia**, v. 27 n. 1, Número Especial, p. 19-28, 2017. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/p.2318-2962.2017v27nesp1p19>. Acesso em: 15 de maio, 2021.

SILVA, A. M. da. **Caracterização dos fatores naturais e antrópicos responsáveis pelo desencadeamento das feições erosivas na cabeceira do Córrego Campo Alegre**, 2007. 162 f. Dissertação (Mestrado em Engenharias) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14240/1/CaracterizacaoFatoresNaturais.pdf> Acesso em: 25 de maio, 2021.

SILVA, B. A. da. **Avaliação de voçorocas e da suscetibilidade erosiva da porção sul da bacia Meia Ponte, GO**, 2018, 85 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Goiás, Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sociedade, Morrinhos, GO, 2018. Disponível em: [https://www.btd.ueg.br/bitstream/tede/506/2/Dissertacao\\_BRENO\\_AMARO\\_DA\\_SILVA.pdf](https://www.btd.ueg.br/bitstream/tede/506/2/Dissertacao_BRENO_AMARO_DA_SILVA.pdf). Acesso em: 15 de maio, 2021.

SILVA, G. N. *et al.* Processos Erosivos Em Áreas Urbanas e Periurbanas: O Caso de Uberlândia – MG. In Simpósio Nacional de Geomorfologia. 5, 2004, Santa Maria, **Anais**, 2004. p1-12. Disponível em: <http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/5/6/Gleiciane%20Nascimento%20da%20Silva.pdf>. Acesso em: 23 de abril, 2018.

SILVA NETO, J. C. A. da. Zoneamento ambiental como subsídio para o ordenamento do território da bacia hidrográfica do Rio Salobra, Serra da Bodoquena – MS. 2013, 291 f. Tese

(doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2013. Disponível em:

[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/105078/silvaneto\\_jca\\_dr\\_prud.pdf?sequence=1](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/105078/silvaneto_jca_dr_prud.pdf?sequence=1) Acesso em: 15 de maio, 2021.

SILVEIRA, Y. G. da. **Análise multicriterial ponderada no estudo de suscetibilidade erosiva no entorno de dutos:** estudo de caso: Duto Orbel, Rio de Janeiro, 2015. 55 f. TCC (Geologia) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas Rio Claro, 2015. Disponível em:

<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/143988/000868712.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 15 de maio, 2021.

SOUZA, D. S. L. de *et al.* Análise e Mapeamento da Fragilidade Ambiental no Município de Inconfidentes – MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife -PE, v. 13, n. 5, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/246364> Acesso em: 15 de maio, 2021.

TORRES, F. S. M. **Carta de suscetibilidade a movimentos de massa e erosão do Município de Ipojuca – PE**, 2014, 106 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Ipojuca, 2014. Disponível em: [https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/13684/1/dissertacao\\_fernanda\\_miranda.pdf](https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/13684/1/dissertacao_fernanda_miranda.pdf). Acesso em: 15 de maio, 2021.

VALERIANO, M. M. Curvatura vertical de vertentes em microbacias pela análise de modelos digitais de elevação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, 2003. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/w8rBnWXjxyBCssX8VvKQGpr/?lang=pt>. Acesso em: 15 de maio, 2021.

VALERIANO, M. M., CARVALHO JÚNIOR, O. A. Geoprocessamento de modelos digitais de elevação para mapeamento da curvatura horizontal em microbacias. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.4, n.1, 2003. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/263889018\\_Geoprocessamento\\_de\\_Modelos\\_Digitais\\_de\\_Elevao\\_para\\_Mapeamento\\_da\\_Curvatura\\_Horizontal\\_em\\_Microbacias](https://www.researchgate.net/publication/263889018_Geoprocessamento_de_Modelos_Digitais_de_Elevao_para_Mapeamento_da_Curvatura_Horizontal_em_Microbacias) Acesso em: 17 de maio, 2021.

VALLADARES, G. S. *et al.* Modelo multicritério aditivo na geração de mapas de suscetibilidade à erosão em área rural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 47, Brasília, v 47, n. 9, p.1376-1383, set. 2012. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/262631790\\_Multicriteria\\_additive\\_model\\_in\\_generating\\_maps\\_of\\_susceptibility\\_to\\_erosion\\_in\\_rural\\_area](https://www.researchgate.net/publication/262631790_Multicriteria_additive_model_in_generating_maps_of_susceptibility_to_erosion_in_rural_area) Acesso em: 15 de maio, 2021.

VIEL, J. A.; ROSA, K. K. DA; HOFF, R. Avaliação do efeito do dossel vegetativo na estimativa da perda do solo em área de vinhedos usando SIG. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 69, n. 6, 15 jun. 2017. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44307> Acesso em: 10 de maio, 2021.

XAVIER, F. V. *et al.* Análise da suscetibilidade à erosão laminar na bacia do Rio Manso, Chapada dos Guimarães, MT, utilizando sistemas de informações geográficas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Brasília, v.11, n.2, p.51-60, 2010. Disponível em: <http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/151>. Acesso em: 15 de maio, 2021.

ZORATTO, G, C. **Diagnóstico da suscetibilidade á erosão linear, fluvial e assoreamento em trecho da Bacia do Rio Passa Cinco, Ipeúna-SP**. 2009 53 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Geologia) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2009. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/121818/zoratto\\_gc\\_tcc\\_rcla.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/121818/zoratto_gc_tcc_rcla.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 19 de maio, 2021.

WINGE, M. et. al. **Glossário Geológico Ilustrado**, 2021. disponível em: <http://sigep.cprm.gov.br/glossario/> Acesso em: 10 de maio, 2021.

---

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

A erosão dos solos é nomeadamente complexa, não somente em virtude da quantidade de variáveis influentes, mas também pela atuação dos mecanismos típicos da morfogênese da vertente, responsáveis pela desagregação das partículas e esculturação das formas. A problemática envolvida na compreensão da dinâmica erosiva, além da magnitude dos impactos acarretados, estão relacionadas com as questões conceituais de definição das feições.

Por conseguinte, considerando os danos causados pela erosão acelerada e interferentes nas esferas ambientais, econômicas e sociais, muitos estudos têm sido desenvolvidos com ênfase no entendimento dos processos genéticos e morfológicos, da mesma maneira na proposição de diretrizes padronizadas, voltadas para a adoção de práticas de conservação e/ou mitigação mais eficientes.

São inúmeros os trabalhos e notas técnicas publicadas sobre o tema abordado nos mais diversos países, entretanto, ponderando os trabalhos científicos no âmbito dos programas de pós-graduação brasileiro, é notória a participação da ciência geográfica com pesquisas relevantes e com abordagens direcionadas à utilização das técnicas de mapeamento, aos estudos de susceptibilidade e vulnerabilidade ambiental, à gênese e à cronologia dos processos erosivos dentre vários outros.

Nesta perspectiva, é percebido que a análise da susceptibilidade erosiva na escala de municípios e bacias hidrográficas tem auxiliado na construção de diagnósticos ambientais como pressupostos para um melhor planejamento e a gestão ambiental. Por esse ângulo, a metodologia de pesquisa adotada para a área de estudo mostrou-se eficiente na identificação das áreas mais susceptíveis aos processos erosivos por voçorocamento de acordo com os pesos atribuídos às variáveis consideradas.

A integração em planos espaciais dos componentes litológicos, geomorfológicos, pedológicos, climáticos e antrópicos possibilitou um melhor entendimento da atuação das variáveis ambientais nos diversos compartimentos do relevo. Em aspecto geral, predomina no município a classe de susceptibilidade média, seguida pela susceptibilidade alta, nas unidades do Planalto Dissecado do Tijuco e *Canyon* do Rio Araguari. Compreendidas pelo Grupo Bauru, com as Formações Marília, Vale do Rio do Peixe e pelas Coberturas Superficiais Indiferenciadas, juntamente com os Argissolos Vermelhos em contato com outros tipos pedológicos.

O *Google Earth* permitiu a identificação das voçorocas no município e auxiliou na validação do modelo de susceptibilidade proposto, configurando em uma ferramenta auxiliar para o mapeamento executado.

A maioria das voçorocas identificadas foram estabelecidas em décadas passadas e intensificadas de acordo com os diferentes usos dos solos ao longo dos anos. Os locais de estabelecimento destas feições possuem algumas particularidades, como cabeceiras de drenagem, vertentes convexas, declividades médias entre 5° e 10° e usos dos solos destinados à pastagens e à agricultura.

Mediante ao exposto, é indicado para as áreas caracterizadas pelo estabelecimento das voçorocas, a manutenção da vegetação, mesmo em estágios iniciais de sucessão ecológica, o cercamento da área com intuito de evitar o pisoteio do gado, o não direcionamento dos fluxos pluviais para as cabeceiras de drenagem, bem como a deposição de materiais de construção, pneus e outros elementos responsáveis pela contaminação das águas e solos.