

ISABEL PATRÍCIA MARTINS BAÊTA GUIMARÃES



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS

ÁREAS ÚMIDAS NO DOMÍNIO DOS MARES DE MORROS: ASPECTOS
HIDROGEOMORFOLÓGICOS E MORFOESTRUTURAIS

Orientador (a): Miguel Fernandes Felipe

JUIZ DE FORA

2023

ISABEL PATRÍCIA MARTINS BAÊTA GUIMARÃES



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS

ÁREAS ÚMIDAS NO DOMÍNIO DOS MARES DE MORROS: ASPECTOS
HIDROGEOMORFOLÓGICOS E MORFOESTRUTURAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

Orientador (a): Miguel Fernandes Felipe

Dissertação apresentada no âmbito do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção de título de Mestra em Geografia, sob os termos do artigo 51 do regimento interno do PPGeo/UFJF (Resolução nº 1/2017).

JUIZ DE FORA

2023

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Guimarães, Isabel Patrícia Martins Baêta.
ÁREAS ÚMIDAS NO DOMÍNIO DOS MARES DE MORROS :
ASPECTOS HIDROGEOMORFOLÓGICOS E
MORFOESTRUTURAIS / Isabel Patrícia Martins Baêta Guimarães. --
2023.

109 f.

Orientador: Miguel Fernandes Felipe
Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz
de Fora, Instituto de Ciências Humanas. Programa de
Pós-Graduação em Geografia, 2023.

1. Áreas Úmidas. 2. Morfometria. 3. Geomorfologia Estrutural e
Tectônica. 4. Morfotectônica. I. Felipe, Miguel Fernandes, orient. II.
Título.

ISABEL PATRÍCIA MARTINS BAÊTA GUIMARÃES

**Áreas úmidas no domínio dos Mares de Morros:
aspectos hidrogeomorfológicos e morfoestruturais**

Dissertação apresentada no âmbito do
Programa de Pós Graduação em
Geografia da Universidade Federal de
Juiz de Fora, como requisito parcial para
a obtenção de título de Mestra em
Geografia. Área de Concentração: Dinâmicas Socioambientais.

Aprovada em 26/10/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Miguel Fernandes Felipe (Orientador)
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Cezar Henrique Barra Rocha
Universidade Federal de Juiz de Fora

Profa. Dra. Gisele Barbosa dos Santos
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Fábio Soares de Oliveira
Universidade Federal de Minas Gerais

Juiz de Fora, 09/10/2023.



Documento assinado eletronicamente por **Miguel Fernandes Felipe, Professor(a)**, em 30/10/2023, às 21:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Gisele Barbosa dos Santos, Professor(a)**, em 15/12/2023, às 12:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Cezar Henrique Barra Rocha, Professor(a)**, em 19/12/2023, às 19:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **FABIO SOARES DE OLIVEIRA, Usuário Externo**, em 22/12/2023, às 10:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **1518237** e o código CRC **1CB2EB02**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a mim mesma, mas antes de tudo: à minha família, aos meus amigos, a todos que amo e que me amam de volta. Essa estrada árdua não teria sido percorrida sem vocês ao meu lado; na ascensão, na queda e em todos os percalços e alegrias.

Agradeço ao meu parceiro e orientador, Miguel Felipe, por toda a infinita luz e ajuda para superar mais essa etapa. Agradeço também à professora Gisele Barbosa, ao professor César Rocha e ao professor Fábio Oliveira pela participação na avaliação e pelas contribuições a esta pesquisa.

Agradeço à CAPES, à PROPP/UFJF e ao PPGEIO/UFJF pela oportunidade de poder ter produzido essa pesquisa tão cheia de significados e conteúdos que gostaria de trazer ao mundo. Espero contribuir um pouquinho para que a ciência se torne mais acessível, fácil de entender, simples e acolhedora, retribuindo tudo o que aprendi. E desejo que essa pesquisa represente o segundo dos grandes trabalhos que faço e farei.

Essa pesquisa é para todos que foram desacreditados e questionados, para todos aqueles que buscam na educação um futuro melhor e para quem acredita na possibilidade de tentar outra vez.

Dedico este trabalho aos meus pais, servidores públicos que dedicaram suas vidas à educação, às políticas de saúde e a serem minha base e minha salvação.

EPÍGRAFE

“The darker the night, the brighter the stars”

– Dostoievski

RESUMO

Áreas úmidas, também conhecidas como *wetlands* em inglês, são sistemas hidrogeomorfológicos formados pela saturação prolongada de superfícies topográficas por água, seja de forma temporária ou permanente. O estudo de pequenas áreas úmidas no Brasil é percebido como uma lacuna a ser preenchida, dadas as barreiras para a compreensão desses sistemas e dos contextos geomorfológicos, geológicos e hidrológicos que as envolvem. O presente trabalho tem por objetivo geral elucidar os fatores ambientais que concorrem para a formação das áreas úmidas no domínio morfoclimático dos Mares de Morros. Fixaram-se como objetivos específicos: Compreender a espacialização das áreas úmidas identificadas; Discutir as relações hidrogeomorfológicas que constituem suas tipologias; Interpretar os condicionantes morfotectônicos e morfoestruturais de suas conformações. O percurso metodológico do trabalho foi fundamentado na interpretação espacial de aspectos geológico-geomorfológicos em relação às áreas úmidas mapeadas na bacia hidrográfica do córrego Igrejinha, no município de Juiz de Fora-MG. Assim, foram estudados os fatores ambientais condicionantes para a formação de áreas úmidas, para desenvolver explicações a respeito do contexto em que se encontram - e sobre como tal contexto exerce influências sobre a formação das áreas úmidas. A partir das técnicas de sensoriamento remoto, foram identificadas 140 áreas úmidas na bacia do córrego Igrejinha, constatando-se que 50% das mesmas se tratam de áreas úmidas de cabeceira, majoritariamente controladas pela morfoestrutura. Pode-se inferir que o condicionamento da existência de áreas úmidas, assim como dos demais integrantes da paisagem, passa pelas relações de formas, elementos (bióticos e abióticos) e por seus consequentes processos. Destarte, para além de fatores hidrogeomorfológicos, os fatores de ordem tectono-estrutural – como a concordância de direções de lineamentos de relevo com as tendências de falhas da Faixa Ribeira, basculamentos e assimetrias da bacia estudada – sugeridos pelos mapeamentos realizados e pelos índices FABD e FSTT – auxiliaram nas tentativas de levantar questionamentos a respeito de associações da gênese de áreas úmidas em contextos geomorfológicos similares aos da área estudada. A ação antrópica, presente em toda a área estudada (em maior ou menor escala), deve ser levada em consideração para a interpretação das áreas úmidas, uma vez que afeta diretamente as questões morfodinâmicas da paisagem, podendo ser responsáveis pela antropogenia de alguns desses sistemas.

Palavras-chave: Áreas Úmidas, Morfometria, Geomorfologia Estrutural e Tectônica, Morfotectônica.

ABSTRACT

Wetlands are hydrogeomorphological systems formed by the prolonged saturation of topographic surfaces with water, either temporarily or permanently. The study of small wetlands in Brazil is perceived as a gap to be filled, given the barriers to understanding these systems and the geomorphological, geological, and hydrological contexts that surround them. The overall objective of this work is to elucidate the environmental factors that contribute to the formation of wetlands in the morphoclimatic domain of the 'Mares de Morros.' Specific objectives include understanding the spatial distribution of identified wetlands, discussing the hydrogeomorphological relationships that constitute their typologies, and interpreting the morphotectonic and morphostructural determinants of their configurations. The methodological approach of the study was based on the spatial interpretation of geological-geomorphological aspects in relation to the mapped wetlands in the watershed of the 'Igrejinha' stream, in the municipality of Juiz de Fora, Minas Gerais. Thus, environmental factors conditioning the formation of wetlands were investigated to develop explanations about the context in which they are found and how this context influences the formation of wetlands. Using remote sensing techniques, 140 wetlands were identified in the 'Igrejinha' stream basin, with 50% of them being headwater wetlands, primarily controlled by the morphostructure. It can be inferred that the conditioning of the existence of wetlands, as well as other landscape elements, involves relationships between forms, elements (biotic and abiotic), and their subsequent processes. Furthermore, beyond hydrogeomorphological factors, tectono-structural factors such as the alignment of relief lineaments with the trends of faults in the 'Faixa Ribeira,' tilts, and asymmetries in the studied basin, suggested by the conducted mappings and FABD and FSTT index, helped raise questions about associations regarding the genesis of wetlands in geomorphological contexts similar to those in the studied area. Human activity, present throughout the studied area to a greater or lesser extent, must be taken into account when interpreting wetlands since it directly affects the morphodynamic aspects of the landscape and could be responsible for the anthropogenic origin of some of these systems."

Keywords: Wetlands, Morphometry, Structural and Tectonic Geomorphology, Morphotectonics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Classificação de áreas úmidas interiores e antropogênicas do Ministério do Meio Ambiente.	21
Figura 2 – Distribuição das principais áreas úmidas pelo mundo.	23
Figura 3 – Fluxograma de etapas que englobam os procedimentos metodológicos adotados.	26
Figura 4 – Imagem orbital de AU.	31
Figura 5 – Imagens de AUs e a comparação com o entorno e suas cores.	35
Figura 6 – Mapa de distribuição dos coeficientes traçados para o cálculo do FSTT.	41
Figura 7 – Mapa de localização da bacia hidrográfica do córrego Igrejinha.	46
Figura 8 – Gráfico de normais médias anuais no município de Juiz de Fora.	48
Figura 9 – Unidades geológicas da bacia hidrográfica do córrego Igrejinha.	50
Figura 10 – Localização das áreas úmidas identificadas na bacia hidrográfica do córrego Igrejinha - A: representação pontual; B: representação poligonal.	54
Figura 11 – Mapa de densidade (Kernel) das AUs da bacia do córrego Igrejinha.	55
Figura 12 – Matrizes bivariadas correlatas à geomorfologia das AUs.	56
Figura 13 – Gráficos referentes às características fisiológicas e fisiográficas das AUs.	57
Figura 14 – Matrizes bivariadas de frequência absoluta da ocorrência de AUs.	58
Figura 15 – Mapas de hipsometria e declividade da bacia hidrográfica do córrego Igrejinha.	59
Figura 16 – Resultados das aplicações do índice FSTT em trechos da bacia hidrográfica do Córrego Igrejinha.	62
Figura 17 – Mapas de densidade (Kernel) de AUs (acima) e de lineamentos de relevo (abaixo) na bacia do córrego Igrejinha.	63
Figura 18 – Aspectos fluviais relativos a trechos de média energia (a) e de baixa energia (b).	65
Figura 19 – Distribuição das áreas úmidas de de Planície na bacia do córrego Igrejinha.	66
Figura 20 – Taboas e espécies hidromórficas sobre a AU75, no âmbito da bacia hidrográfica do córrego Igrejinha.	67
Figura 21 – Distribuição das áreas úmidas de Cabeceira na bacia do córrego Igrejinha.	68
Figura 22 – Distribuição da umidade superficial e subsuperficial em cabeceiras.	69
Figura 23 – Mapa geológico-hidrogeográfico da bacia hidrográfica do córrego Igrejinha.	70
Figura 24 – “Cotovelos” de drenagem sobre AU8, AU9, AU18 e AU126 (em amarelo: AUs; em azul: rede de drenagem; em roxo: falha ou zona de cisalhamento compressional).	71
Figura 25 – “Cotovelos” de drenagem e gargantas entre AU36 e AU37 (em amarelo: AUs; em azul: rede de drenagem; em roxo: falha ou zona de cisalhamento compressional).	72
Figura 26 – Perfil geológico do interflúvio da bacia do córrego Igrejinha.	73
Figura 27 – Perfil topográfico das AUs AU77 e AU34.	74
Figura 28 – Visão oblíqua do possível rebaixamento de cabeceira e processo de conexão entre AU77 e AU34 (em amarelo: AUs; em azul: rede de drenagem; em roxo: falha ou zona de cisalhamento compressional).	75
Figura 29 – AUs selecionadas para análise de perfis topográficos internos à bacia.	76
Figura 30 – Visão oblíqua das AUs do Subgrupo 1.	78
Figura 31 – Perfis topográficos das AUs do Subgrupo 1.	79
Figura 32 – AU21 e AU22.	80
Figura 33 – AU77.	81
Figura 34 – AU34.	81
Figura 35 – Visão oblíqua das AUs do Subgrupo 2.	82

Figura 36 – Perfis topográficos das AUs do Subgrupo 2.	82
Figura 37 – Visão oblíqua das AUs do subgrupo 3.	83
Figura 38 – Perfis topográficos das AUs do subgrupo 3.	84
Figura 39 – Visão oblíqua das AUs do subgrupo 4.	85
Figura 40 – Perfis topográficos das AUs do Subgrupo 4.	86
Figura 41– Áreas úmidas AU28 (acima) e AU36 (abaixo) no âmbito da bacia hidrográfica do córrego Igrejinha.	88
Figura 42 – Áreas úmidas AU28 (acima) e AU36 (abaixo) no âmbito da bacia hidrográfica do córrego Igrejinha.	88

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classes de áreas úmidas propostas por Brinson et al (1995).	22
Quadro 2 – Representação da base de dados utilizada no trabalho.	27
Quadro 3 – Protocolo utilizado em campo para validação de AUs.	32
Quadro 4 – Categorias de caracterização fisiológica e fisiográfica das AUs, suas respectivas bases cartográficas utilizadas e possíveis possibilidades de resposta.	34
Quadro 5 – Fórmulas aplicadas durante o processo de análise morfométrica.	38
Quadro 6 – Parâmetros de Densidade de Drenagem.	39
Quadro 7 – Parâmetros de Índice de Circularidade.	39
Quadro 8 – Parâmetros de Fator de Assimetria de Bacia de Drenagem - FABD.	40
Quadro 9 – Parâmetros do Índice de Rugosidade.	42
Quadro 10 – Parâmetros do Fator de Forma.	42
Quadro 11 – Características fisiológicas e fisiográficas das AUs incluídas na análise topográfica interna à bacia.	77

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	26
3.1 LEVANTAMENTO DE DADOS CARTOGRÁFICOS.....	26
3.2 DETECÇÃO DE AUS - FOTOINTERPRETAÇÃO	29
3.3 CARACTERIZAÇÃO DE AUS	31
3.4 CLASSIFICAÇÃO DE AUS.....	35
3.5 ANÁLISE MORFOMÉTRICA.....	37
3.6 ANÁLISE DE PERFIS TOPOGRÁFICOS	43
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	46
4.1 CARACTERÍSTICAS HIDROGEOMORFOLÓGICAS	48
4.2 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS	50
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
5.1 ORIGENS DAS ÁREAS ÚMIDAS FLUVIAIS.....	64
5.2 ORIGENS DAS ÁREAS ÚMIDAS DE CABECEIRA	67
5.2.1 Subgrupo 1 (AU03, AU07, AU21, AU22, AU127, AU128, AU129, AU130, AU137).....	77
5.2.2 Subgrupo 2 (AU34, AU77, AU91, AU92, AU99, AU100, AU101).....	80
5.2.3 Subgrupo 3 (AU71, AU122, AU133).....	83
5.2.4 Subgrupo 4 (AU107, AU108, AU110, AU111).....	85
5.3 REFLEXÕES SOBRE A INFLUÊNCIA ANTRÓPICA NA ORIGEM DE AUS.....	87
5.4 SÍNTESE	89
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	91
7. REFERÊNCIAS	92
APÊNDICE 1: Quadro de caracterização fisiográfica e fisiológica das AUs.	99
APÊNDICE 2: Mapa ampliado de localização das áreas úmidas.	108

1. INTRODUÇÃO

Áreas úmidas (AUs), também reconhecidas pela terminologia anglófona *wetlands*, são sistemas hidrogeomorfológicos formados a partir da saturação a longo prazo de superfícies topográficas pela água, seja de forma temporária ou definitiva (GOMES, 2017; GUIMARÃES; DIAS; FELIPPE, 2019), em áreas que favoreçam o acúmulo da água. Podem ser consideradas como elementos da paisagem dotados de grande complexidade no que é tangente às suas funções - engendrando importâncias do ponto de vista ecológico, econômico e social (CONVENÇÃO DE RAMSAR, 1971; MITSCH; GOSELINK, 2000) – e às suas pluralidades conceituais (GOMES, 2017; GOMES; MAGALHÃES JÚNIOR, 2017).

As áreas úmidas desempenham o papel de habitat para diversas espécies animais e vegetais (como hidrófitas e higrófilas – palmáceas, taboas e lírios-do-brejo, por exemplo) que se estabelecem em locais encharcados (CUNHA; PIEDADE; JUNK, 2014), evidenciando sua relevância em nível ecológico e ecossistêmico. Segundo Cunha, Piedade e Junk (2014), tais sistemas participam da dinâmica de alimentação dos sistemas fluviais, auxiliam na regulação de cheias, recarregam aquíferos e podem estocar carbono — dentre diversos outros serviços ecossistêmicos e funcionalidades que dialogam com o meio físico em que se inserem.

Consequentemente, evocam discussões na política ambiental internacional desde meados do século passado, convergindo, em 1971, para uma Convenção sobre as Zonas Úmidas de Importância Internacional, conhecida por Convenção de Ramsar, adotada como base para a elaboração de legislação e regulamentação em diversos países participantes da Convenção desde sua criação. O reconhecimento das áreas úmidas enquanto entes de expressiva importância no contexto das ciências biológicas e da Terra – além do que diz respeito a leis ambientais – se deve, em grande parte, aos esforços iniciais empenhados na Convenção. Apesar disso, ainda há países que apresentam resistência à adoção dos princípios de proteção e preservação previstos no documento.

A Lei Federal 12651/12 define AUs enquanto Áreas de Proteção Permanente (APPs) somente quando se tratam de AUs de interesse nacional, reconhecidas pelo poder Executivo (BRASIL, 2012). Logo, não são apresentadas afinidades com as propostas da Convenção de Ramsar, de maneira a promover obstáculos às tentativas de conservação das áreas úmidas nacionais, sobretudo por omissão nos termos da lei (BARROS; FELIPPE; COSTA, 2022).

No âmbito da fisiologia e dinâmica da paisagem (AB'SÁBER, 1969; RODRIGUES; SILVA; CAVALCANTI, 2017), as áreas úmidas funcionam como ambientes redutores de ferro

(BRINKMAN, 1979; SALES, 2021), promovendo hidromorfismo e gerando solos acinzentados (PHILLIPS, 1989; JACKSON; THOMPSON; KOLKA, 2014; WARMLING et al., 2017), interessantes para determinados tipos de culturas agrícolas que exijam encharcamento de áreas de plantio (HEIMLICH et al, 1998). Em suma, coadunam em resultados da interação entre elementos paisagísticos (LANE et al., 2018) geomorfológicos, pedológicos, tecnogênicos e aquáticos em seus arredores, além dos próprios seres vivos que estabelecem ecossistemas nestes sistemas úmidos.

Desta maneira, as áreas úmidas são dotadas de um caráter interdisciplinar, despertando o interesse de diversas áreas do conhecimento, como as ciências biológicas (nos campos da Botânica e Zoologia), engenharias (como a Mecânica dos Solos) e as ciências geográficas (como nos âmbitos da Geomorfologia, da Hidrogeografia e da Pedologia).

Dentro da Geomorfologia, as áreas úmidas podem ser interpretadas como integrantes de hidrossistemas fluviais ou de encosta, participando de processos morfodinâmicos que envolvam a água em possíveis fluxos subsuperficiais; na alimentação de cursos d'água; na interferência em processos de escoamento superficial e percolação; e ao receber sedimentos coluviais ou aluviais (PHILLIPS, 1989; LANE et al., 2018). Dessa forma, são sistemas importantes para a modificação e transformação do relevo, assim como têm suas formas e processos transformados pelo mesmo. A partir da imersão do conceito no contexto da dinâmica da água, as áreas úmidas podem ser encaixadas no escopo da Hidrogeomorfologia.

Além de suas múltiplas funções na dinâmica do relevo e dos cursos d'água em suas adjacências, as áreas úmidas são dotadas de recursos hídricos passíveis de serem utilizados pela sociedade por diversos fins (tais como a dessedentação de animais ou a captação de água) (PIECADE et al, 2012) . Deste modo, acabam por despertar a atenção de pesquisas e estudos a respeito de suas origens, possíveis funções ainda desconhecidas e suas influências sobre os sistemas fluviais adjacentes.

A maioria das investigações no território brasileiro, porém, retrata áreas úmidas de grande extensão, como aquelas presentes na planície amazônica e no Pantanal (ALVES; LOVERDE-OLIVEIRA, 2020), deixando lacunas no aprofundamento científico em áreas úmidas de menores dimensões, como as situadas em relevos dotados de formas onduladas, com grande amplitude altimétrica. Em regiões serranas, colinosas ou mamelonizadas, é possível e significativo o desenvolvimento de áreas úmidas, como se nota em Warmling et al. (2017), Neff et al. (2020), Guimarães e Felipe (2021) e Guimarães, Barros e Felipe (2022).

A menor proporção de estudos nestas regiões pode ser explicada sobretudo pela ideia de que o surgimento de áreas úmidas nestes contextos geomorfológicos não seria frequente ou comum. Tal fato se deve à reduzida extensão de áreas planas e amplas em comparação com as localidades tradicionalmente estudadas - com exceção dos fundos de vale meandantes dos cursos d'água de maior hierarquia. Ao passo de que há pantanais ou brejos com milhares de km² de extensão, existem diversas áreas úmidas menores que se estabelecem nestas paisagens inusuais, de maneira que há demandas para o aprofundamento de estudos sobre AUs menores.

No contexto do Brasil Tropical Atlântico, o clima úmido e os espessos mantos de alteração tendem a promover a concentração dos fluxos hídricos superficiais e subsuperficiais ao longo de feições côncavas - em depressões ou cabeceiras de drenagem - e dos eixos do sistema fluvial (KAMINO et al., 2019). Assim, as áreas úmidas que ocorrem nesse contexto tendem a estar relacionadas à topografia e à rede de drenagem. Inserido no contexto geomorfológico da serra da Mantiqueira e nas proximidades da depressão do rio Paraíba do Sul, o município de Juiz de Fora-MG apresenta um elevado número de áreas úmidas de pequeno a médio porte, situadas entre os morros e morrotes que compõem a paisagem da região, além das estreitas planícies fluviais de vales curtos. A bacia hidrográfica do córrego Igrejinha, situada na zona Norte do município, pode ser considerada uma amostra deste cenário. Se trata de um contexto predominantemente rural (com alguma ocupação urbana e industrial em pequenas áreas); as áreas úmidas estão majoritariamente situadas às margens de rodovias e estradas vicinais ou no entorno de reservatórios e represamentos, por vezes isolados em propriedades privadas e cercadas.

Entende-se que a diversidade e a coexistência de diversos agentes geomorfológicos que moldam o relevo – local e regionalmente – acarretam em circunstâncias complexas e atípicas para o surgimento de áreas úmidas na bacia do córrego Igrejinha. Além das condições já preconizadas pela estrutura da paisagem, há de se considerar a influência tectono-estrutural na área de estudo (MARQUES NETO et al., 2022). Na bacia selecionada, nota-se uma frequência significativa de feições do relevo que remetem às atividades tectônicas recentes, como cristas alinhadas, cotovelos ou trechos retilíneos de drenagem (ETCHEBEHERE et al, 2004; SORDI et al., 2018). Assim, se faz possível pressupor a ações de falhas e zonas de cisalhamento e suas eventuais reativações neotectônicas no rearranjo do sistema fluvial, nos moldes do relatado por Heilbron et al (2004), Tupinambá et al (2007), Tupinambá, Teixeira e Heilbron (2012), Rezende (2013) e Marques Neto et al (2022). Logo, o recorte espacial escolhido se mostra como um cenário instigador para o estudo de pequenas áreas úmidas.

Dado isso, o presente trabalho tem por objetivo geral elucidar os condicionantes ambientais que coadunam na gênese das áreas úmidas presentes no domínio morfoclimático dos Mares de Morros (AB'SABER, 1967; 1969; 2003), com enfoque na paisagem regional. Parte-se de uma amostragem localizada na Zona da Mata mineira, no âmbito da bacia hidrográfica do córrego Igrejinha, em Juiz de Fora-MG.

Logo, se faz plausível questionar a influência de aspectos morfoestruturais também no advento de áreas úmidas (por vezes, integradas diretamente aos sistemas fluviais dos locais em que se inserem), uma vez que fluxos de matéria e energia controlados pela estrutura geológica herdada podem repercutir sobre a morfodinâmica do relevo e a distribuição das águas superficiais e subsuperficiais. Portanto, se faz possível traçar, como objetivos específicos:

- i) Compreender a espacialização das áreas úmidas identificadas;
- ii) Discutir as relações hidrogeomorfológicas que perfazem suas tipologias;
- iii) Interpretar os condicionantes morfotectônicos e morfoestruturais de suas conformações.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Entende-se que o estudo das áreas úmidas se entrelaça com o entendimento da paisagem em que estas se situam, afinal, não são componentes isolados ou sistemas fechados, mas sim, elementos agregados a sistemas abertos e complexos (RICHARDS, 2002) de maior abrangência. Assim, procura-se considerar a heterogeneidade de todos os coeficientes a serem entendidos, mas entendendo a paisagem enquanto sistema multifuncional, multiescalar, não-linear e caótico (RICHARDS, 2002; SNYTKO; KONOVALOVA, 2015).

Dentre as mais diversas conceituações formuladas sobre a paisagem, notam-se o “aspecto visual; a complexidade de inter-relações entre os elementos físicos e destes com os elementos culturais; [...] a diversidade da escala da paisagem” (MAXIMIANO, 2004, p. 90) como aspectos importantes para incorporar aos estudos sobre a mesma. Compreendendo a Geomorfologia e suas derivações enquanto meios de assimilação sobre a composição da paisagem (por meio das formas de relevo, da água e de agentes geológicos) de maneira sintética, assume-se que tanto o objeto de estudo (as áreas úmidas) quanto os variados contextos em que este se manifesta na paisagem são caminhos para o entendimento da evolução da mesma.

Para a inserção da temática das áreas úmidas na compreensão da paisagem — assim como o entendimento da própria paisagem a partir do estudo das AUs — faz-se plausível contextualizar o histórico dos estudos e obras e normas tangentes a estes sistemas, de forma a compreender as motivações, conceitos e propostas metodológicas que regem o assunto.

Despertando inicialmente interesses de ordem ecológica, voltados à preservação das vidas marinhas e dos habitats estabelecidos (SHAW; FREDINE, 1956), as áreas úmidas se tornaram objetos de estudo mais frequentemente observados a partir da segunda metade do século XX. Tal aumento de interesse se deve principalmente ao fato de que as áreas úmidas do mundo estariam sendo suprimidas em massa (mais de 50% das existentes no planeta até a época). Entende-se que, seja pela intensa urbanização e industrialização do pós-Guerra, seja pela visão antiquada de que AUs não possuíam valor socioeconômico ou ambiental suficiente para serem consideradas objetos de estudo, ainda não haviam grandes esforços e motivações para pesquisá-las (MITSCH; GOSSELINK, 2000; BARROS; FELIPPE; COSTA, 2022).

Em função do caráter interdisciplinar da temática, os conceitos de AUs são variados, por vezes discordantes e geralmente estão à mercê das áreas do conhecimento que regem as pesquisas, não havendo um consenso ou homogeneidade para a definição do objeto de estudo. A Convenção de Ramsar (1971) e Cunha, Piedade e Junk (2015), por exemplo, apresentam

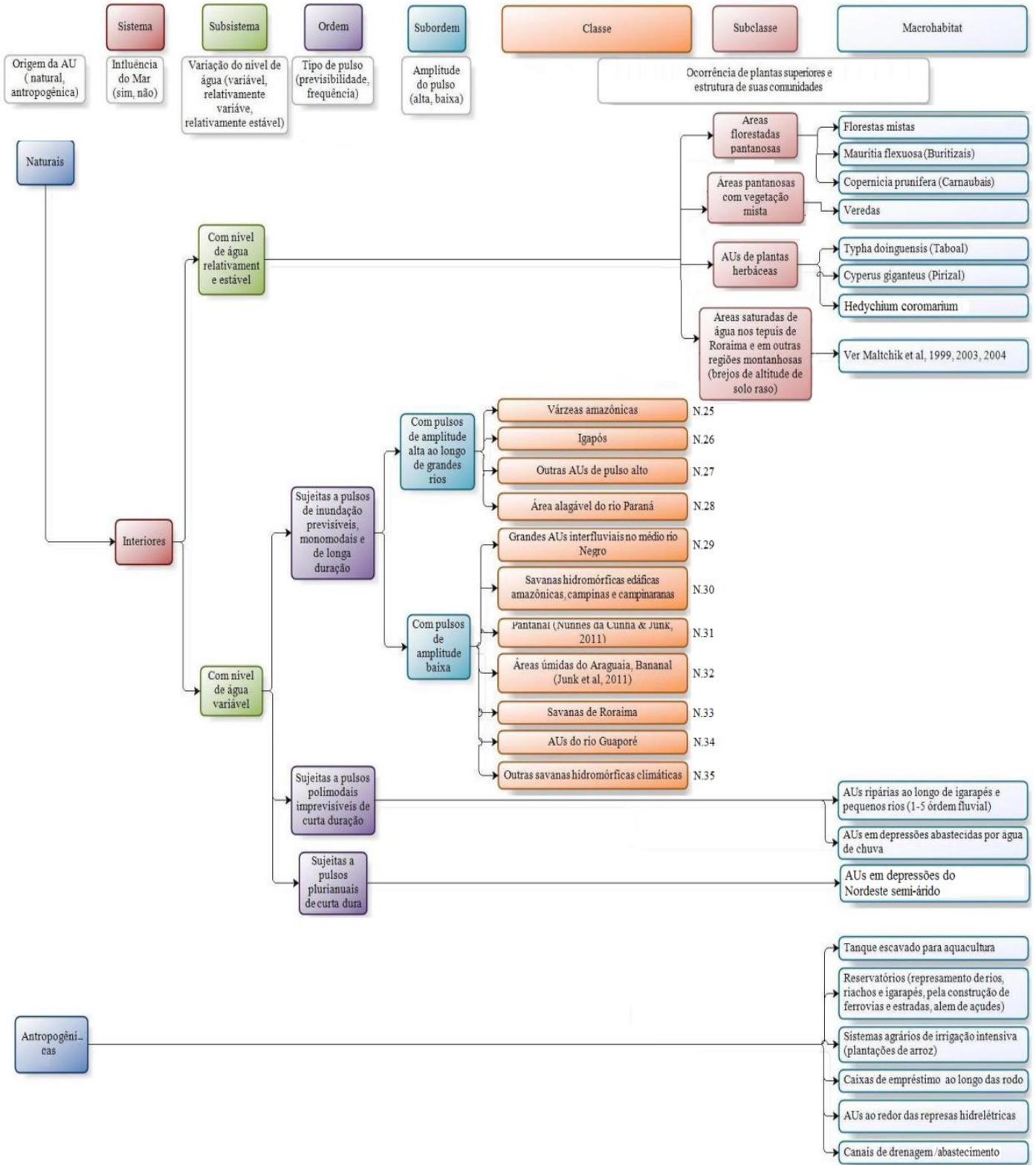
conceitos mais amplos de áreas úmidas, considerando mesmo ambientes lóticos (rios e mares até determinada profundidade) dentro de suas propostas. Todavia, tanto para ambientes lênticos quanto lóticos, ambas as obras abrangem mais adequadamente as AUs de escalas mais generalizadas, de grandes extensões; também acabam por ter um enfoque maior nas questões ecológicas e vegetacionais.

Gomes (2017), considerando majoritariamente uma perspectiva hidrogeomorfológica, apresenta o seguinte conceito de área úmida:

“[...] sistemas permanentes ou temporariamente saturados, inundados e/ou alagados, formados em relevos e substratos que permitem um maior acúmulo de águas superficiais e/ou subsuperficiais, por tempo suficiente para promover processos físicos, químicos e biológicos de ambientes com deficiência ou ausência de oxigênio, indicados, comumente, por espécies vegetais adaptadas a essas condições e/ou por solos com características hidromórficas. Interferências antrópicas podem condicionar a sua formação, como as AUs em áreas marginais de reservatórios. Conforme a escala de análise da dinâmica hidrológica, as AUs podem incluir áreas permanentemente secas e/ou aquáticas, que são fundamentais para a sua manutenção ecológica.” (GOMES, 2017, p. 166)

De modo que optou-se por adotar tal definição para o presente trabalho, vista a adequação aos objetivos propostos e à metodologia classificatória selecionada — de Brinson et al (1995) — assim como à escala cartográfica trabalhada e às dimensões das AUs estudadas. Há uma classificação do Ministério do Meio Ambiente (MMA), mas esta não contempla as AUs da escala estudada (Figura 1).

Figura 1 – Classificação de áreas úmidas interiores e antropogênicas do Ministério do Meio Ambiente.



Fonte: MMA (2021)

Ainda no âmbito dos interesses de ordem ecológica, mas de forma integrada com a Hidrogeomorfologia, em Brinson (1993) e Brinson et al (1995; 1998) são feitas propostas de classes e classificações de áreas úmidas (Quadro 1), considerando principalmente a fonte de água (alimentação), a posição das AUs em seus devidos contextos geomofológicos e a questão da hidrodinâmica local (DVORETT; BIDWELL; DAVIS, 2012). Gomes (2017) também propõe classes alicerçadas na abordagem hidrogeomorfológica, mas voltadas exclusivamente ao contexto ambiental do estado de Minas Gerais (Classificação HGM): Fluvial, Depressão, Encosta, Lacustre, Estuarino, Planície alagada orgânica, e Planície alagada mineral. No presente trabalho, adotam-se primordialmente as classes de Brinson et al (1995), em função da maior adaptabilidade relativa à escala espacial.

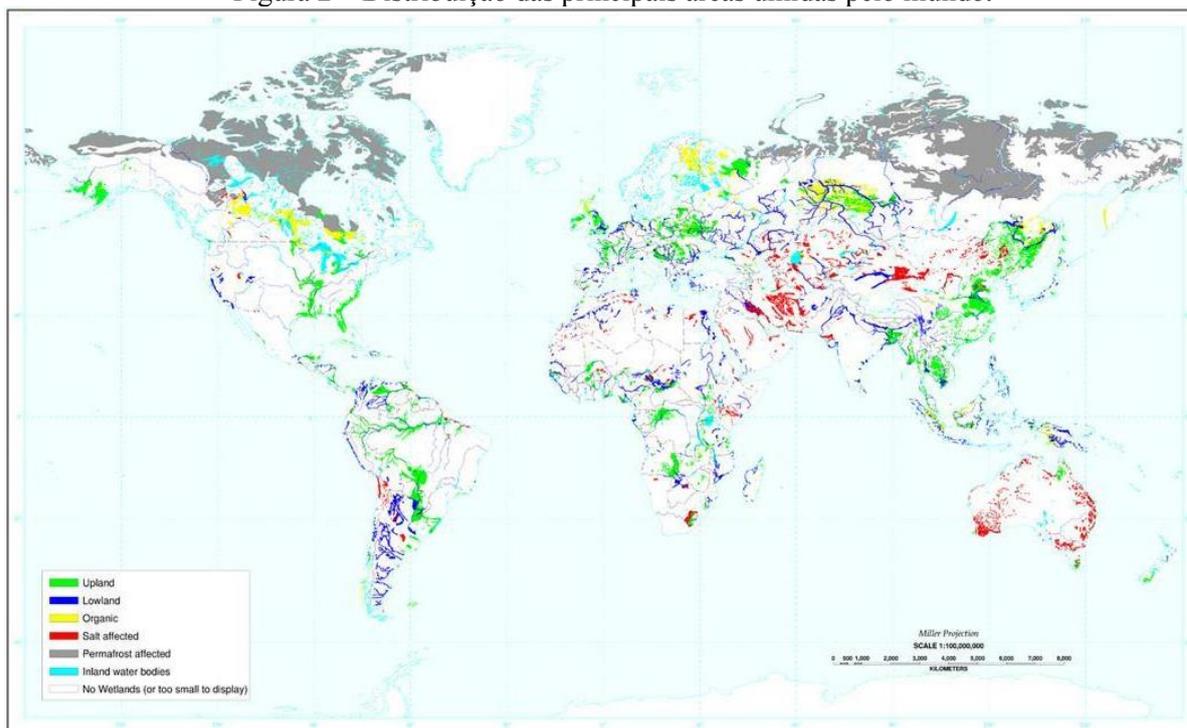
Quadro 1 – Classes de áreas úmidas propostas por Brinson et al (1995).

Classe hidrogeomórfica	Principal fonte de água	Hidrodinâmica dominante
Fluvial	Inundação de planície fluvial	Unidirecional, horizontal
De depressão	Refluxo de fluxo subsuperficial e subterrâneo	Vertical
De encosta	Refluxo	Unidirecional, horizontal
Estuarina	Elevação de nível de estuário	Bidirecional, horizontal
Lacustre	Elevação de nível de lago	Bidirecional, horizontal
Platôs em solos minerais	Precipitação	Vertical
Platôs em solos orgânicos	Precipitação	Vertical

Fonte: (BRINSON et al., 1998).

As AUs são encontradas em todo o planeta, com diferentes formas, nomes regionais, contextos morfoclimáticos e meios de alimentação. Como supracitado, no Brasil há mais expressividade das áreas úmidas do Pantanal, da planície Amazônica e dos mangues, todas associadas a grandes volumes de água e zonas de baixa energia (PIEIDADE et al, 2012). Além das AUs brasileiras, há grandes pântanos, zonas de turfeiras e lagos nos EUA e na Rússia, zonas de monções no Sudeste Asiático e o chaco sul-americano (Figura 2).

Figura 2 – Distribuição das principais áreas úmidas pelo mundo.



Fonte: KOCHY; FREIBAUER (2009).

Por mais que haja uma ampla distribuição destes hidrossistemas pelo planeta, não há uma tendência geral à preservação ou conservação dos mesmos. A urbanização massiva, a industrialização, a prática do agronegócio extensivo e o frequente desrespeito às leis ambientais (ou a própria inexistência destas) representam as maiores ameaças à manutenção das AUs (PIEIDADE et al, 2012; BARROS; FELIPPE; COSTA, 2022).

O processo de urbanização crescente frequentemente resulta na destruição de áreas úmidas, à medida que essas áreas são drenadas, aterradas, construídas sobre, contaminadas e invadidas por espécies invasoras. Nas zonas urbanas, as áreas úmidas continuam a ser perdidas e degradadas devido a uma combinação de fatores políticos: os benefícios das áreas úmidas urbanas são subestimados, não são incorporados ao planejamento e sofrem com governança descoordenada e deficiente (BARROS; FELIPPE; COSTA, 2022).

As áreas úmidas se tornaram alvos de tratados e normas que também tinham como intuito a preservação ou conservação destes sistemas e dos seres vivos ali desenvolvidos, como a Convenção de Ramsar (1971), na qual o Brasil se tornou membro em 1993. Em pequenos trechos da legislação ambiental de vários Estados, inclusive na brasileira; na Lei Federal 12.651 (BRASIL, 2012) — o chamado Novo Código Florestal — as áreas úmidas são citadas

brevemente como uma das finalidades das Áreas de Preservação Permanente (APPs), no artigo 6º:

“[...] consideram-se, ainda, de preservação permanente, quando declaradas de interesse social por ato do Chefe do Poder Executivo, as áreas cobertas com florestas ou outras formas de vegetação destinadas a uma ou mais das seguintes finalidades: [...] proteger áreas úmidas, especialmente as de importância internacional” (BRASIL, 2012).

Assim, embora haja uma clara abrangência de AUs de grande dimensão (como o Pantanal), podem ocorrer – e geralmente ocorrem – as práticas de omissão, falta de cuidado e a supressão de pequenos brejos, mesmo em conformidade com a legislação (BARROS; FELIPPE; COSTA, 2022).

Nota-se nos estudos elaborados sob a luz da ciência geográfica um aprofundamento maior na compreensão das interações entre as características das formas de relevo nos processos de formação das AUs e nas conceituações concernentes ao tema, como percebe-se em Golden et al (2019) e Gomes e Magalhães Júnior (2017). Em Jackson, Thompson e Kolka (2014), por exemplo, a abordagem envolve também a questão de solos hidromórficos, condições para o desenvolvimento dos mesmos e a intersecção entre solos encharcados e áreas úmidas, por vezes desenvolvidos em condições similares ou de forma concomitante.

Levando em consideração a complexidade do campo da Hidrogeomorfologia¹ (SCHEIDEGGER, 1973) e das áreas úmidas — enquanto sistemas hidrogeomorfológicos — nota-se que há uma gama de variáveis ambientais a serem ponderadas no desenvolvimento da presente pesquisa. Entende-se que a mesma exige a contemplação de diversos agentes morfogenéticos e morfodinâmicos; assim, abre-se a possibilidade de interpretação destes enquanto intervenientes na origem das áreas úmidas observadas. A própria Geomorfologia, enquanto parte da ciência geográfica, se mostra como um ramo do conhecimento baseado em síntese; nele, reúnem-se inúmeras probabilidades de ações, eventos e processos que permeiam a temática do relevo sob todos os seus ângulos. Tendo em vista o entendimento da água enquanto propulsora de importância fundamental nas possíveis transformações das formas de

¹ Neste escopo, a Hidrogeomorfologia pode ser conceituada como o estudo das formas de relevo enquanto produtos da ação da água, como visto em Scheidegger (1973), Goerl, Kobiyama e Santos (2012). A base deste ramo da Geomorfologia compreende uma interdisciplinaridade entre a própria e a Hidrologia, com foco nas conexões entre processos, formas e elementos competentes a ambas as áreas (SIDLE; ONDA, 2004).

relevo, traz-se a Hidrogeomorfologia como segmento norteador do estudo dos sistemas úmidos e de suas respectivas conjunturas.

Compreendendo também a relevância da água enquanto indicadora de processos recentes de ordem morfoestrutural ou tectônica (COELHO NETTO, 2003; ETCHEBEHERE et al, 2004; MARQUES NETO; SILVA; MOREIRA, 2019; MARQUES NETO et al., 2022), procura-se associar a rede de drenagem dotada de anomalias e os vales retilíneos próximos a falhas às áreas úmidas estabelecidas nos ondulados Mares de Morro (AB'SABER, 1967; 1969; 2003). O cenário incomum, geralmente não propício para a estagnação da água e para a promoção de processos de hidromorfismo (GOMES, 2017), exemplifica o grau de complexidade dos sistemas contidos na paisagem da área de estudo. Para o entendimento do contexto geológico que compõe aspectos relativos à morfoestrutura e morfotectônica locais, sobretudo no que é tocante à compreensão das origens litológicas e possíveis movimentações decorrentes de epirogênese e modificações da plataforma brasileira, buscou-se arcabouço teórico em Schobbenhaus e Neves (2003), Heilbron et al (2004), Marçal et al (2015), Marques Neto et al (2017; 2022) e Sordi et al (2018).

Adotando a perspectiva metodológica da Teoria Geral dos Sistemas (BERTALANFFY, 1950; 1951; 1972; MORIN, 1992;) e procurando entender a paisagem de forma integrada, a fundamentação teórica do presente trabalho apoia-se sobretudo em obras que trazem a abordagem sistêmica (SOCHAVA, 1971).

Destarte, as bases conceituais que alicerçam esta pesquisa procuram convergir para a área da Geomorfologia, com ênfase em Hidrogeomorfologia e em Geomorfologia Estrutural e Tectônica, buscando alinhar a teoria estudada com as técnicas propostas para aplicação.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa tem sua metodologia dividida em seis etapas básicas (Figura 3).

Figura 3 – Fluxograma de etapas que englobam os procedimentos metodológicos adotados.



Fonte: Elaborado pela autora.

3.1 LEVANTAMENTO DE DADOS CARTOGRÁFICOS

Para viabilizar os objetivos propostos, houve a necessidade de se construir uma base de dados cartográficos (Quadro 2) fundamentais para a aplicação das técnicas escolhidas – tanto as de natureza remota quanto as realizadas presencialmente, como as de campo, por exemplo.

Quadro 2 – Representação da base de dados utilizada no trabalho.

DADO	TIPO DE ARQUIVO	ESCALA	FONTE
Bacia hidrográfica do córrego Igrejinha	Vetor/ <i>shape</i>	1:50.000	IGAM, via IDE-Sisema ¹ (2017)
Rede de drenagem do estado de Minas Gerais	Vetor/ <i>shape</i>	1:50.000	IGAM, via IDE-Sisema ² (2017)
Geologia (litologia e estrutura)	Vetor/ <i>shape</i>	1: 1.000.000	CODEMIG; CPRM (2014)
Pedologia	Vetor/ <i>shape</i>	1:500.000	UFV-UFLA-CETEC-FEAM (2010)
Curvas de nível (1m, filtradas para 5m)	Vetor/ <i>shape</i>	1: 2.000 (resolução espacial de 1m)	Esteio S.A. (2007)
Imagens de satélite (orbitais)	Matricial/ <i>raster</i>	Multiescalar	Google Earth Pro (2005-2021)
Basemap	Matricial/ <i>raster</i>	Multiescalar	ESRI (S.I.)

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Dado que a maioria das técnicas e métodos aplicados para a elaboração da pesquisa se apoiaram necessariamente no uso de geotecnologias, a obtenção de dados espaciais se fez de extrema importância. Questões relativas a custos, logística, segurança e análises temporais se mostraram relevantes para a opção pelo uso de técnicas remotas. Para a aplicação de tais técnicas, foi utilizado o *software* ArcGis 10.3.1.

Os dados espaciais correspondentes à rede de drenagem e bacias hidrográficas foram adaptados e selecionados por meio de linguagem SQL, uma vez que ambos foram obtidos na base hidrográfica otocodificada do Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Sob o mesmo tipo de filtragem, as curvas de nível intervaladas em um metro foram filtradas para novos intervalos de cinco metros, a fim de evitar irregularidades significativas na interpolação dos *shapes* para a criação de *rasters* de declividade, hipsometria, relevo sombreado (*hillshade*) e do TIN. Dentro dos limites da bacia e em seus arredores, originalmente eram apresentados ambos os intervalos (as curvas de um metro concentravam-se somente em áreas urbanas próximas ao exutório; as de cinco metros, porém, abrangiam toda a área rural e demais áreas).

Inicialmente, os vetores das curvas foram interpolados e processados para a formação do raster de hipsometria, utilizando as ferramentas “*Spatial Analyst tools > Interpolation > Topo to Raster*”, utilizando os dados referentes às cotas altimétricas originalmente dispostas em

² <http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br>. Acesso em: 02/03/2020.

polilinhas. A partir da hipsometria, foi feito o processo de construção do raster de declividade, por meio das ferramentas “*Spatial Analyst tools > Surface > Slope*”, segmentando a indicação da declividade em cinco classes (em %): 0 a 6, 6 a 15, 15 a 30, 30 a 45 e superior a 45.

Posteriormente, para a etapa de processamento dos rasters de relevo sombreado, também foi utilizado o raster referente às classes hipsométricas com as ferramentas “*Spatial Analyst tools > Surface > Hillshade*”, de modo a gerar três rasters com azimutes de 45°, 90° e 315°, a fim de facilitar a visualização e detecção manual de lineamentos de relevo (tanto sobre cristas alinhadas quanto sobre vales retilíneos).

O processamento da rede irregular de triângulos (*Triangulated Irregular Network - TIN*) foi realizado diretamente a partir do shapefile das curvas de nível filtradas, por meio das ferramentas “*3D Analyst tools > Functional Surface > Hillshade*”. A fim de estabelecer uma modelagem de superfície mais rica em detalhes e fiel aos dados originais de elevação, o TIN foi utilizado como base para a construção de perfis topográficos. Tal recurso foi adotado em função do nível de precisão gráfica necessário para a notação dos cortes longitudinais observados nos perfis, em função da maior escala de visualização.

Em busca de reforçar a relevância das AUs para os elementos ambientais (cobertura vegetal, formas de relevo próximas, corpos d’água, feições tecnogênicas, etc) presentes e atuantes na área de estudo – além de evidenciar a alta frequência da ocorrência de AUs no local – foram gerados arquivos matriciais de densidade (Kernel) com a interpolação dos pontos identificados, feita através das ferramentas “*Spatial Analyst tools > Density > Kernel Density*”. O mesmo tipo de procedimento foi aplicado aos vetores referentes aos lineamentos de relevo extraídos, a fim de viabilizar um maior embasamento para as suspeitas de atividade estrutural e tectônica e as possíveis influências sobre o desenvolvimento de AUs.

Também foram detectadas 72 áreas úmidas externas (AUEs) à bacia, situadas nos arredores dos interflúvios e vales adjacentes aos limites interfluviais da mesma. Tal procedimento foi realizado com o intuito de estabelecer maior continuidade entre o recorte espacial e o contexto geomorfológico regional, de modo a averiguar possíveis tendências de evolução do relevo a partir das áreas úmidas localizadas. Assim, as AUEs foram utilizadas na interpolação de pontos para geração do raster de densidade de Kernel de AUs.

Tais rasters constituíram uma base essencial para o entendimento dos substratos em que as AUs se situam, de forma a proporcionar uma melhor compreensão das formas de relevo

locais, das dinâmicas de fluxo e escoamento e dos locais propícios à acumulação de sedimentos e água. Compreende-se que, em função da relativa limitação dada pelo estudo remoto de AUs, se fez imprescindível a composição de uma geodatabase que reunisse uma quantidade expressiva de dados sobre o relevo, a fim de que as interpretações sobre formas, dinâmicas e mudanças do relevo fossem o quão completas pudessem ser – dentro das possibilidades metodológicas disponíveis na execução da presente pesquisa.

3.2 DETECÇÃO DE AUS - FOTOINTERPRETAÇÃO

Entende-se a possibilidade de identificação remota de AUs como uma técnica plausível, financeiramente viável e potencialmente eficaz, como visto em Rampi, Knight e Pelletier (2014), Warmling et al. (2017), Rapinel et al. (2017; 2018) e Guimarães e Felipe (2021).

Em função da vastidão das AUs localizadas nos contextos geomorfológicos tradicionalmente estudados (de grandes dimensões) – como visto em Martini (2006), Meller (2011), Cunha, Piedade e Junk (2015) e Sánchez, Pérez e Fernández (2019) – é frequente o uso de imagens de satélite e MDEs de média a baixa resolução espacial (como produtos de Sentinel, LANDSAT, SRTM, ASTER), com *pixels* equivalentes a áreas de cerca de 10m² a >30m²; para estes recortes espaciais, assume-se que tais bases cartográficas são satisfatórias para as propostas de estudo de grandes AUs.

Entretanto, para a pesquisa de AUs menores (por vezes, dimensionadas em menos de um quilômetro quadrado), as bases supracitadas não são suficientemente detalhadas para a localização destes hidrossistemas. Uma vez que não há como distinguir efetivamente caracteres, texturas e colorações que exijam um nível maior de detalhamento.

Desta forma, no presente trabalho, optou-se pela utilização de imagens orbitais provenientes do Google Earth Pro – assim como em Warmling et al. (2017) e Sarkar et al. (2021) – considerando a maior resolução espacial, a maior qualidade das imagens *per se* e a possibilidade de revisitar imagens mais antigas com o intermédio da ferramenta “regulador de tempo”, possibilitando a observação da área estudada e das AUs detectadas sob diferentes épocas e regimes de distribuição de chuvas. Assim, tais vantagens convergiram para a escolha das imagens disponibilizadas no *software* supracitado.

Destarte, em princípio, foi realizada pesquisa e varredura nas imagens orbitais obtidas, concentrando no município de Juiz de Fora e em seus arredores, tendo como enfoque a localização de áreas úmidas de maneira remota.

Tal etapa inicial foi executada com o intuito de encontrar um recorte espacial que atendesse aos seguintes critérios: i) apresentar grande concentração visual de AUs; ii) apresentar características geomorfológicas próximas às típicas dos Mares de Morro (inerentes aos resultados de processos de mamelonização do relevo); iii) preferencialmente, situar-se dentro dos limites do município de Juiz de Fora, a fim de viabilizar logísticas de campo.

Seguindo tais parâmetros, a bacia hidrográfica do córrego Igrejinha foi selecionada como o recorte a ser explorado. Em seguida, ainda sob a orientação da fotointerpretação, foi realizada a detecção de AUs no âmbito do Google Earth Pro, por meio da criação de pontos.

A identificação de AUs foi baseada na detecção por meio de técnicas de fotointerpretação e sensoriamento remoto aplicadas às imagens de satélite, observando e comparando visualmente imagens recentes e antigas (de 2005 a 2021) para possibilitar o alcance de uma maior precisão no processo de localização. As AUs foram identificadas sob a consideração de elementos com *pixels* aglomerados que contenham caracteres de coloração cinza-esverdeada, de padrão homogêneo e oolítico (PANIZZA; FONSECA, 2011; FLORENZANO, 2007), características associadas à presença de áreas úmidas, em função da possibilidade de saturação de água e da presença de vegetação higrófila/hidrófita nos locais detectado; *pixels* de pigmentação cinza-esverdeada escura destoam dos demais tons de verde, indicando maior teor de umidade (Figura 4).

Figura 4 – Imagem orbital de AU.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Nos locais identificados como prováveis AUs, foram criados arquivos vetoriais de pontos para indicar suas localizações e possibilitar os subseqüentes trabalhos de sobreposição aos *rasters*.

Com o intuito de compreender aspectos hidrodinâmicos locais das AUs, foi realizado o delineamento destes sistemas, utilizando a ferramenta de construção de polígonos do Google Earth Pro. Em seguida, os polígonos extraídos foram trabalhados no *software* ArcGis 10.3.1. Os principais critérios para o delineamento das AUs – no que tange aos limites superficiais das mesmas – se baseiam na direção de seus fluxos de água (reconhecidos através da observação do *shapefile* e do arquivo *.kmz* referente à rede de drenagem, somado seguidamente ao *raster* de direção de fluxo), condicionados pelas formas de relevo limítrofes e pela morfodinâmica/hidrodinâmica estabelecida pelas feições das superfícies e substratos (notadas por meio da sobreposição da rede de drenagem sobre as imagens orbitais, posteriormente somando-se aos *rasters* de relevo sombreado).

3.3 CARACTERIZAÇÃO DE AUS

O processo de caracterização das AUs foi executado a partir de duas etapas principais:

- i. um reconhecimento e validação de AUs em campo;
- ii. um levantamento de ordem fisiográfica e fisiológica das AUs.

Em 16/12/2019, foi realizada uma expedição a campo nas áreas úmidas de fácil acesso da bacia, para observação *in loco* e contemplação sobre as formas e processos em escala de detalhe, além da validação das áreas úmidas detectadas. Foi selecionada uma amostra de oito áreas úmidas, validadas com o suporte de um aparelho GPS Garmin, modelo GPSMAP 64sx para a marcação de novos pontos de AUs e posterior comparação com as detectadas por meio de fotointerpretação. Aplicou-se também um checklist (Quadro 3) baseado na definição de Gomes (2017) para áreas úmidas. Para o preenchimento da lista, levaram-se em consideração as seguintes características: contexto geomorfológico (cabeceira, baixada/fundo de vale ou outro); presença de vegetação higrófila/hidrófita (ex: lírios-do-brejo ou taboas); ocorrência visível de solos hidromórficos (incluindo cupinzeiros cinzas e esbranquiçados) e exfiltração de água/afloramento de água.

Quadro 3 – Protocolo utilizado em campo para validação de AUs.

<p>CHECKLIST DE CARACTERÍSTICAS PARA RECONHECIMENTO DE ÁREAS ÚMIDAS (AUs) - Adaptado com base nos critérios da proposta de Gomes (2017) e Brinson et al. (1995)</p> <p>Nº da AU: _____</p> <p>1) Contexto geomorfológico - Onde se situa a AU em questão?</p> <p><input type="checkbox"/> Cabeceira/Ruptura de declive</p> <p><input type="checkbox"/> Baixada/Fundo de Vale</p> <p><input type="checkbox"/> Outro contexto (Qual? _____)</p> <p>2) Presença de vegetação higrófila/hidrófita?</p> <p><input type="checkbox"/> Sim</p> <p><input type="checkbox"/> Não</p> <p>3) Ocorrência visível de solos hidromórficos (incluindo cupinzeiros cinzas e esbranquiçados)?</p> <p><input type="checkbox"/> Sim</p> <p><input type="checkbox"/> Não</p> <p>4) Exfiltração de água? Afloramento de água?</p> <p><input type="checkbox"/> Sim</p> <p><input type="checkbox"/> Não</p>

Fonte: Elaborado pela autora.

Posteriormente, realizou-se a sobreposição de dados cartográficos juntando os pontos referentes às AUs com as informações fornecidas pelos mapeamentos, com o intuito de identificar influências, controles, feições anômalas e demais características ambientais das áreas úmidas estudadas. Assim, foram estudados os fatores ambientais condicionantes para a formação de áreas úmidas, de modo que seja possível desenvolver explicações a respeito do contexto em que estão inseridas — e sobre como tal background exerce influências sobre a formação das AUs.

Para constituir um maior embasamento para o saber sobre a formação e a manutenção das AUs estudadas, fez-se fundamental a assimilação dos atributos dos locais onde tais sistemas se situam. Entende-se que a reunião de características tocantes às AUs e aos seus arredores imediatos era essencial; afinal, não se tratam de hidrossistemas isolados – algo difícil de se conceber. Logo, ter ciência do que há em volta foi crucial para entender sobre o funcionamento das AUs.

Seguindo tal perspectiva, foi levantada uma série de características fisiográficas e fisiológicas das AUs e dos meios em que estas se situam (Quadro 4 e Apêndice 1).

Quadro 4 – Categorias de caracterização fisiológica e fisiográfica das AUs, suas respectivas bases cartográficas utilizadas e possíveis possibilidades de resposta.

Categoria	Bases cartográficas sobrepostas	Possibilidades de resposta
Classe	Imagens orbitais; Rede de drenagem; Declividade; Hipsometria	“Depressional”; “Riverine”
Tipologia		“Depressão/Encosta”; “Fluvial”
Geomorfologia		“Cabeceira”; “Planície”
Elevação (metros)	Imagens orbitais; Hipsometria	Não se aplica
Direção de fluxo	Rede de drenagem; Direção de fluxo	“N”; “S”; “L”; “W”; “NE”; “NW”; “SE”; “SW”
Unidade geológica	Litologia; Estruturas	“PP2jfgn - Complexo Juiz de Fora, litofácies ortognaisse migmatítico”; “NP3acstl - Grupo Andrelândia, Subgrupo Carrancas, Formação São Tomé das Letras”; “Qa - Depósito aluvial”
Influência de estruturas	Imagens orbitais; Rede de drenagem; Litologia; Estruturas; Lineamentos de relevo; Densidade (Kernel)	“Provável”; “Improvável”
Solos	Solos (unidade de mapeamento)	“LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico” “CXbd - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb distrófico”
Forma	Imagens orbitais; Rede de drenagem	“Alongada”; “Arredondada”
Ocorrência de vegetação higrófila		“Provável”; “Improvável”
Ocorrência de espelho d’água		
Ocorrência de solos hidromórficos		
Ocorrência de exfiltração de água		“Provável”; “Improvável”; “Sim”
Ocorrência de ação antrópica		“Sim”; “Não Perceptível”
Uso da terra (IBGE, 2013)	Imagens orbitais	“Área descoberta”; “Área urbanizada”; “Campestre”; “Florestal”; “Pastagem”; “Uso não identificado”

Fonte: Elaborado pela autora.

Para efeitos de sistematização, foi realizada uma compilação de todas as informações coletadas em forma de planilhas e bases de dados; assim, busca-se alicerçar a interpretação das condições necessárias para a existência de áreas úmidas na bacia estudada. Tais informações correspondem a cada uma das áreas úmidas encontradas, de forma que são listadas suas classes, características gerais da vegetação, relevo e solo e influências possivelmente atreladas à formação das mesmas em seus respectivos contextos geomorfológicos.

3.4 CLASSIFICAÇÃO DE AUS

A classificação das AUs detectadas foi realizada de modo subjetivo com base na proposta de Brinson (1995), a partir da observação dos seguintes critérios:

- i. Forma das AUs;
- ii. Possíveis fontes de alimentação de água;
- iii. Tipologia.

As formas das AUs (alongadas ou arredondadas) são definidas a depender da distribuição de *pixels* que, em conjunto, constituam coloração, textura e estrutura associadas às AUs e de seus arredores. A maneira como tais *pixels* se dispõem nas imagens de satélite define a composição de elementos imagéticos que se correlacionam com a presença de umidade e o acúmulo de água, propiciando manifestações florísticas adaptadas a substratos saturados de água. A possível ocorrência de solos hidromórficos também pode justificar a mistura de *pixels* esverdeados e acinzentados, compondo cores características de ambientes úmidos que se diferenciam dos demais tons e nuances de verde e cinza que estejam presentes nas imagens (Figura 5).

Figura 5 – Imagens de AUs e a comparação com o entorno e suas cores



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

No que é tangente às possíveis fontes de alimentação de água, a identificação destas se baseia na interpretação da morfologia local das AUs, em planícies ou cabeceiras, considerando formas e feições de relevo visíveis nas imagens orbitais e suas possíveis influências no processo de formação das AUs, considerando principalmente aspectos morfodinâmicos. Aqui, salienta-se a importância do uso conjunto dos recursos de sobreposição de curvas de nível, rede de drenagem e mapeamentos de declividade e acumulação de fluxo; no Google Earth Pro, a ferramenta “Terreno” também auxilia na visualização tridimensional das possíveis dinâmicas supracitadas, tanto de forma precedente quanto concomitante e posterior às interpretações e sobreposições feitas.

A atribuição de tipologias às AUs, amplamente apoiada na obra de Gomes (2017) em termos de notação da geomorfologia e das características físicas das AUs, foi realizada com a determinação de dois tipos: “Fluvial” e “Depressão/Encosta”. Ambos os tipos foram adaptados à escala cartográfica do estudo, com um grau de generalização maior do que o que é comumente usado em estudos majoritariamente operados em nível de campo para a identificação e avaliação de hidrossistemas em geral, tal como aqueles abordados em Felipe (2009; 2013) e Moura (2020). Entretanto, ainda que a generalização tenha se feito necessária, sabe-se que a utilização de meios remotos possui eficácia suficiente para alicerçar os estudos de AUs menores – tal como em Warmling et al. (2017), Rapinel et al. (2017) e Guimarães e Felipe (2021).

No geral, a metodologia classificatória de Brinson et al (1995) caracteriza-se pelo foco voltado às interações diretas ou indiretas do relevo com a água, abordando a geomorfologia das áreas úmidas como plano de fundo para o desenvolvimento e manutenção destas. As formas de relevo, enquanto condicionadores morfológicos de ambientes aquáticos superficiais e subsuperficiais, se mostram determinantes para a definição dos meios de alimentação de água e sedimentos para as AUs. Destarte, adaptando as classes constantes na metodologia à realidade física do recorte espacial e do domínio dos mares de morro – entendendo a suma necessidade de aproximação à paisagem estudada para melhor compreensão das AUs, de maneira geral – foram adotadas as classes “Riverine” (tipologia Fluvial) e “Depressional” (tipologia Depressão/Encosta), referentes às depressões de menor porte tipicamente acumuladoras de umidade, aqui elaboradas como cabeceiras de drenagem, representativas e frequentes nos domínios mamelonares e nos planaltos e serras do Atlântico sudeste (COELHO NETTO, 2003; KAMINO et al., 2019; GUIMARÃES; FELIPPE, 2021).

Desta forma, de acordo com os critérios observados e validados, foram atribuídas as classes às AUs; no processo de classificação, é evidenciado o diálogo entre o relevo e a disponibilidade e distribuição de água e sedimentos, de maneira a estabelecer conexões diretas ou indiretas entre tais aspectos e propriedades. Logo, levando em consideração o posterior entendimento destes vínculos e das interações e dinâmicas atreladas aos mesmos, pode-se dizer que o viés da classificação aplicada se mostra adequado aos objetivos e perspectivas do presente trabalho.

3.5 ANÁLISE MORFOMÉTRICA

De maneira geral, a práxis de estudar o relevo, a água e as suas respectivas (ou conjuntas) características – e interações com a paisagem que tais elementos compõem – demanda uma visão integrada, por vezes imensurável ou mesmo qualitativa. A descrição de uma bacia pode ser realizada por meios e métodos tanto quantitativos quanto qualitativos (STRAHLER, 1975), de maneira que as formas de descrevê-la forneçam subsídio para um melhor entendimento de suas características físicas e fisiológicas, bem sobre como seus intercâmbios de matéria e energia (CHRISTOFOLETTI, 1999) ocorrem internamente à bacia observada e no contexto em que a mesma se situa no espaço terrestre.

Em termos quantitativos, a intersecção entre fundamentos de geometria e a geomorfologia é contemplada pelas práticas de morfometria, aliando medidas e fórmulas às formas de relevo e suas respectivas feições. Com a aplicação de índices morfométricos, são gerados dados que possibilitam associações das formas e amostras espaciais analisadas com determinadas tendências de transformação e modificação do ambiente (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A título de exemplo, tais tendências podem ser de viés predominantemente hidrogeográfico, como em Loo (2019) ou Queiroz, Alves e Batista (2020). Sob análises similares e apoiando-se em outros objetivos, as tendências também podem se alicerçar em perspectivas ligadas à tectônica e morfoestrutura, como visto em Cox (1994), Salamuni e Sordi et al. (2018).

No atual estudo, a análise morfométrica foi aplicada (com o intermédio de SIG) sobre a bacia tomada como recorte espacial, visando gerar dados mais comparativos sobre as respostas morfológicas relativas às questões hidrodinâmicas/morfodinâmicas e morfoestruturais. A fim de proporcionar melhor perspectiva a respeito de questões tangentes ao escoamento e/ou acúmulo de água e sedimentos, a etapa foi executada por meio do cálculo de índices aplicados

sobre os dados cartográficos referentes ao relevo, à rede de drenagem, ao interflúvio da bacia do córrego igreja (Quadro 5).

Quadro 5 – Fórmulas aplicadas à bacia durante o processo de análise morfométrica.

Índice	Fórmula	Legenda	Referências
Índice de Circularidade (I_c)	$I_c = \frac{A}{A_c}$	A = Área total da bacia (km ²) A_c = Área do círculo de tamanho equivalente ao perímetro da bacia (km ²)	Miller (1953); Christofolletti (1980)
Densidade de Drenagem (D_d)	$D_d = \frac{L_t}{A}$	L_t = Comprimento total de todos os canais da bacia (km) A = Área total da bacia (km ²)	Horton (1945); Christofolletti (1980); Beltrame (1994)
Fator de Assimetria de Bacia de Drenagem - FABD (FA)	$FA = 100 \times \left(\frac{A_r}{A_t}\right)$	A_r = Área da bacia à direita do rio (no sentido da nascente até a foz) (km ²) A_t = Área total da bacia (km ²)	Cox (1994); Salamuni (1998)
Fator de Simetria Topográfica Transversal - FSTT (T)	$T = \left(\frac{D_a}{D_d}\right)$	D_d = Distância entre a linha média da bacia (LM) e o interflúvio mais próximo da margem ativa do rio principal D_a = Distância entre LM e o eixo do vale do rio principal	Cox (1994); Salamuni (1998); Marçal et al (2015); Passarella, Ladeira e Liesenberg (2016); Santos e Morais (2017); Alves, Magalhães Júnior e Reis (2022)
Coefficiente de Manutenção (C_m)	$C_m = \left(\frac{1}{D_d}\right) \times 1000$	D_d = Densidade de Drenagem	Schumm (1956); Santos e Sousa (2012)
Índice de Rugosidade (I_r)	$I_r = \Delta H \times D_d$	ΔH = Amplitude altimétrica (diferença entre a altitude máxima e a altitude mínima do interflúvio) D_d = Densidade de Drenagem	Melton (1957); Santos e Sousa (2012)
Fator de Forma (K_f)	$K_f = \frac{A}{L^2}$	A = Área total da bacia (km ²) L = Comprimento da bacia	Villela e Mattos (1975); Queiroz, Alves e Batista (2020);

Fonte: Horton (1945); Miller (1953); Schumm (1956); Melton (1957); Christofolletti (1980); Cox (1994); Salamuni (1998); Marçal et al (2015); Passarella, Ladeira e Liesenberg (2016); Santos e Morais (2017); Alves, Magalhães Júnior e Reis (2022); Santos e Sousa (2013); Souza et al. (2018).

Proposta inicialmente por Horton (1945), a Densidade de Drenagem (D_d) apresenta uma relação inversamente proporcional com o comprimento dos rios. Segundo Christofolletti (1980):

“Em um mesmo ambiente climático, o comportamento hidrológico das rochas repercute na densidade de drenagem. Nas rochas onde a infiltração encontra maior dificuldade há condições melhores para escoamento superficial, gerando possibilidades para a esculturação de canais, como dentre as rochas clásticas de granulação fina; e, como consequência, densidade de drenagem

mais elevada. O contrário ocorre com as rochas de granulometria grossa” (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 116)

A Densidade de drenagem se mostra como um índice importante para a compreensão das interrelações entre aspectos geológicos e hidrogeomorfológicos das áreas estudadas. Aqui, o parâmetro foi interpretado conforme proposição de Beltrame (1994) (Quadro 6):

Quadro 6 – Parâmetros de Densidade de Drenagem.

Densidade de Drenagem (Dd)	
< 0,50	Baixa
de 0,50 a 2,00	Mediana
de 2,01 a 3,50	Alta
> 3,50	Muito Alta

Fonte: Beltrame (1994).

O Índice de Circularidade (Ic) auxilia a apontar tendências de bacias ao acúmulo de água e geração de inundação ou à dissipação da água e promoção de escoamento a partir da percepção das formas das mesmas, relacionando-as à forma de um círculo (Quadro 7).

Quadro 7 – Parâmetros de Índice de Circularidade.

Índice de Circularidade (Ic)	
< 0,50	Mais alongada, ovalada ou retangular; tende ao escoamento.
Próximo a 0,50	Forma entre arredondada e ovalada ou retangular; tende ao equilíbrio entre dinâmicas de escoamento e inundação.
Próximo a 1	Mais arredondada; tende à inundação e à ocorrência de enchentes.

Fonte: Christofolletti (1980).

No presente trabalho, o índice foi aplicado sobre a própria bacia, a fim de verificar se as tendências de forma são as que favorecem a manutenção de condições de inundação, básicas para a existência de AUs.

O Fator de Assimetria de Bacia de Drenagem - FABD (FA) auxilia na identificação de áreas com atividade tectônica, mesmo quando existem falhas pouco expostas (COX, 1994; SALAMUNI, 1998). Os valores obtidos representam a proporção entre as áreas das margens do canal principal, revelando assim assimetria da bacia, que pode estar respondendo ao rearranjo da drenagem. Este pode ocorrer por diversos motivos, como a pirataria fluvial, mas

em áreas com registros de atividade neotectônica tem sido associado ao basculamento de uma das margens da bacia (Quadro 8):

Quadro 8 – Parâmetros de Fator de Assimetria de Bacia de Drenagem - FABD.

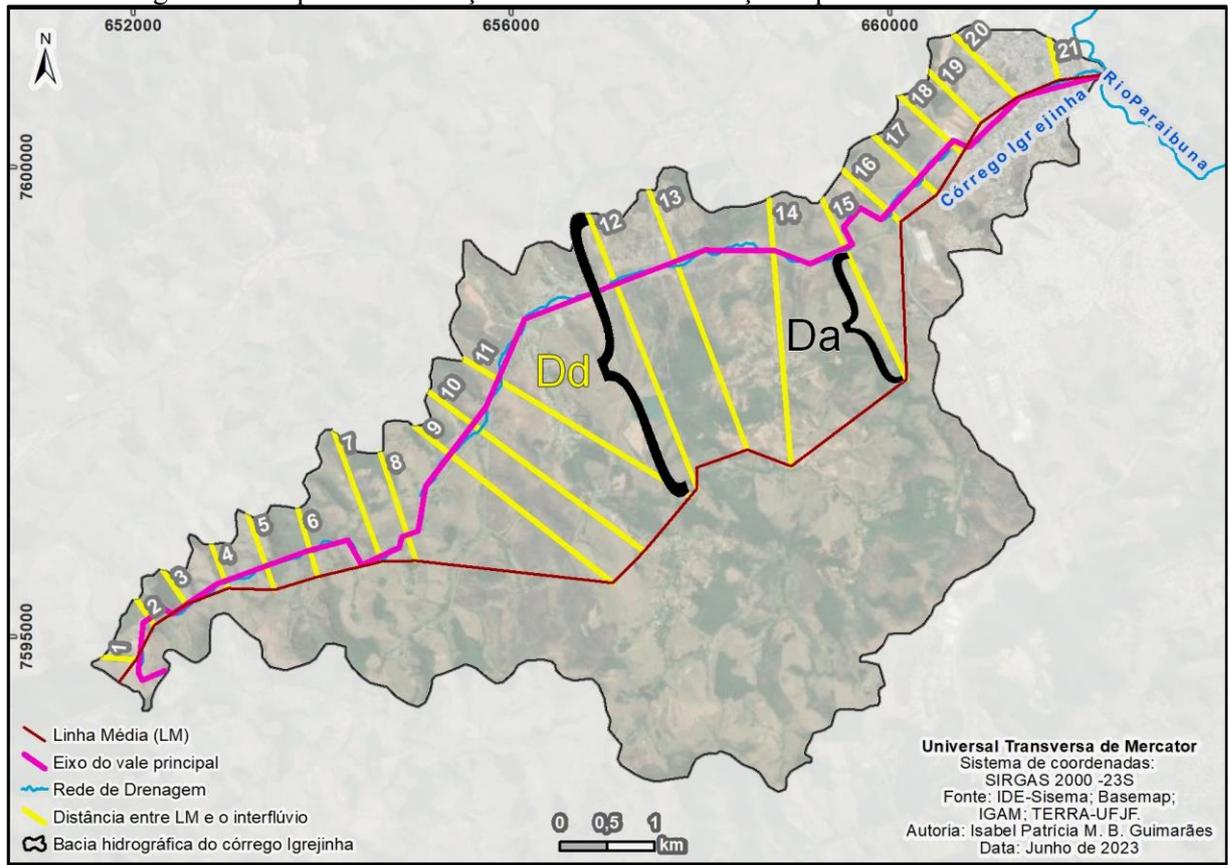
Fator de Assimetria de Bacia de Drenagem - FABD	
< 50	Possível basculamento da margem esquerda.
Igual ou próximo a 50	Possivelmente não há atividade tectônica significativa.
> 50	Possível basculamento da margem direita.

Fonte: Salamuni (1998).

Tal qual o índice FABD, o Fator de Simetria Topográfica Transversal - FSTT (T) pode cooperar na detecção de possíveis efeitos da movimentação estrutural e tectônica. Segundo Cox (1994), é entendido que a assimetria da bacia e de suas margens pode ser indicativa de que há uma preferência regional de orientação dos cursos d'água, por vezes condicionados pela movimentação de blocos e falhas geológicas, sendo os fluxos majoritariamente subordinados à direção de tais estruturas. Assim, o FSTT “[...] quantifica o deslocamento de um rio considerando a topografia gerada por causas tectônicas” (MARÇAL et al, 2015, p. 454).

Considera-se que não há um consenso absoluto na literatura a respeito dos procedimentos necessários para o cálculo (sobretudo em relação ao intervalo de distribuição e do paralelismo – ou não – das retas de referência para definição da linha média da bacia). Desta maneira, optou-se pela adaptação da proposta original de Cox (1994) como base teórica principal para a técnica. Foi estabelecido um eixo do vale do córrego principal (um traçado simplificado referente ao curso d'água, a fim de que meandros e grandes anomalias não interfiram no processo de cálculo do FSTT), sobre o qual foram interseccionadas 21 retas ortogonais ao eixo (Figura 6), ligando pontos opostos (180°) ao longo do interflúvio da bacia. A conexão dos pontos médios destas retas estabelece a linha média da bacia (LM). Valores de 0,5 a 1 indicam maior assimetria, uma vez que, em condições de simetria plena, $Da = 0$ e $T = 0$. Assim, valores próximos a 0 indicam maior simetria.

Figura 6 – Mapa de distribuição dos coeficientes traçados para o cálculo do FSTT.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

O Coeficiente de Manutenção (C_m) é definido como a “área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento” (CHRISTOFOLETTI, 1980). É inversamente proporcional à Densidade de Drenagem, auxiliando a compreender sobre a capacidade de formação de canais de uma bacia e o background ambiental que envolve tal dinâmica. Dá suporte ao entendimento sobre aspectos hidrodinâmicos, podendo ter seu resultado dependente das características litológicas, pedológicas e climáticas da bacia (SANTOS; SOUZA, 2012).

O Índice de Rugosidade (I_r) apoia-se na percepção da rugosidade do relevo, sendo esta proporcional à sua eficácia relativa ao escoamento superficial; assim, a bacia pode apresentar maior ou menor tendência ao acúmulo de água. A rugosidade, nesse sentido, tange ao nível de dissecação superficial da área (KARMANN; PEREIRA; FERRARI, 1996). De fraco a médio, favorece a infiltração; de médio a alto, favorece o escoamento superficial (Quadro 9).

Quadro 9 – Parâmetros do Índice de Rugosidade.

Classes de Rugosidade	Valor (m)
Fraca	0-150
Média	151 -550
Forte	551 -950
Muito Forte	> 950

Fonte: Santos e Souza (2012).

O Fator de Forma (Kf) é mais um parâmetro relacionado à capacidade da bacia de distribuir água. Sendo uma leitura similar ao Índice de Circularidade. Quanto menor for o valor obtido através da aplicação do Fator de Forma (Kf), menor será a possibilidade de ocorrência de enchentes; logo, mais eficiente será o escoamento da bacia (Quadro 10).

Quadro 10 – Parâmetros do Fator de Forma.

Fator de Forma (Kf)	
< 0,50	Bacia não sujeita a grandes enchentes
de 0,50 a 2,00	Bacia com tendência mediana a grandes enchentes
de 2,01 a 3,50	Bacia com alta propensão a grandes enchentes

Fonte: Queiroz, Alves e Batista (2020).

De maneira geral, a aplicação de tais índices auxiliou na compreensão de como ocorrem processos de ordem morfodinâmica, principalmente no que é tangente às dinâmicas de fluxo da água sobre a superfície e em relação à subsuperfície. Além disso, o índice FABD contribuiu para as suposições a respeito de mudanças relativas à percepção de influências morfotectônicas e morfoestruturais sobre a bacia (e, conseqüentemente, sobre os seus respectivos elementos internos que se associam às AUs). Destarte, tornou-se possível obter um melhor embasamento técnico para o entendimento de como se dão os processos de alimentação, manutenção e formação de AUs no que é tocante à movimentação e estagnação da água.

3.6 ANÁLISE DE PERFIS TOPOGRÁFICOS

A fim de complementar a utilização prévia dos parâmetros morfométricos aplicados e adentrar em uma escala intrabacia, foi realizada uma análise topográfica de perfis traçados sobre parte das AUs. Tais perfis representam a posição das AUs na superfície topográfica, guardando relações importantes com processos erosivos e deposicionais que moldam o relevo. Com isso, é possível inferir uma eventual influência dos knickpoints locais na distribuição espacial das zonas de acumulação de sedimentos e água, colaborando na interpretação das AUs.

As AUs selecionadas para composição do perfil se situam em cabeceiras de drenagem, frequentemente associadas aos interflúvios da bacia estudada. Destarte, buscou-se um saber mais tangível a respeito de como se dão as condições morfológicas e morfodinâmicas das AUs em cabeceira. Tais cabeceiras podem servir como exemplos de síntese das composições e circunstâncias de relevo e hidrografia típicas da região e do próprio domínio morfoclimático dos Mares de Morro (AB'SABER, 2003), dado que são comumente vinculadas a paisagens delineadas por relevos ondulados, em conjuntos de morros e morrotes que, por vezes, apresentam tal configuração de anfiteatro (COELHO NETTO, 2003). Assim, assumindo a relevância das cabeceiras para o entendimento da manutenção e evolução da paisagem regional, estas foram priorizadas no processo de análise da topografia das AUs. Inferiu-se que não houve necessidade de construção de perfis topográficos de AUs fluviais, uma vez que mudanças e desvios de drenagem derivados de efeitos de tectônica e/ou morfoestrutura são mais facilmente detectados sem a montagem de perfis – como no caso de cotovelos, gargantas e demais anomalias do gênero, vistas em Etchebehere et al (2004), Rezende e Salgado (2020) e Marques Neto et al (2022).

Para alicerçar as interpretações já feitas sobre o contexto geomorfológico *in situ* das AUs foram construídos perfis topográficos (longitudinais sobre AUs em cabeceira) e um perfil geológico do interflúvio da bacia. Entende-se que a técnica pode vir a auxiliar na visualização de rupturas de declive e rebaixamentos interfluviais, importantes indícios de controle estrutural do relevo local – e, conseqüentemente, da drenagem disposta sobre o mesmo. Enfatiza-se a detecção visual de possíveis rearranjos de canais, anomalias de drenagem e capturas fluviais (BISHOP, 1995; COELHO NETTO, 2003; ETCHEBEHERE et al., 2004; REZENDE, 2013; SORDI et al, 2018), modificações também atreladas a conjunturas típicas de regiões controladas por falhas, basculamentos e demais movimentações de ordem geológica em margem passiva.

Além de permitir uma melhor visualização da superfície, a elaboração de perfis topográficos serviu como suporte para a percepção das formas a serem analisadas e de seus respectivos processos de ordem morfogenética e morfodinâmica. Nota-se isto como um esforço de possibilitar uma morfografia (FLORENZANO, 2008) com maior detalhamento sobre as configurações geomorfológicas dos locais analisados, além das questões relativas à interface da água com a superfície nestes mesmos locais.

No que tange aos perfis longitudinais sobre AUs em cabeceira, foi priorizada a seleção de AUs que atendessem aos seguintes critérios:

- i) Proximidade ou intersecção em relação a estruturas mapeadas;
- ii) Proximidade ou intersecção com lineamentos de relevo mapeados;
- iii) Proximidade ou intersecção com cristas alinhadas;
- iv) Proximidade ou intersecção com zonas de supostos rebaixamentos de cristas.

Em relação ao perfil geológico do interflúvio da bacia, constaram as AUs dispostas no interior de cabeceiras que compõem os limites da bacia a fim de verificar quantas e quais AUs ali situadas estariam em zonas supostamente sob influência dos processos de evolução do interflúvio.

Após a seleção de 23 AUs para a construção dos perfis, foram traçados os perfis em polilinha (em ambiente ArcGis) sobre o modelo de relevo triangulado (TIN) com resolução espacial de 5m por meio da interpolação dos shapefiles com o mesmo. Posteriormente, foram gerados gráficos em dispersão dos perfis, devidamente exportados e corrigidos por meio do *software* Excel. No total, foram gerados 22 perfis topográficos de AUs em cabeceira, setorizados em quatro subgrupos para análise morfológica. A diferença entre o número de AUs selecionadas e a quantidade de perfis deve-se ao fato de que um dos perfis contém duas AUs simultaneamente.

A interpretação dos perfis obtidos baseou-se na observação concomitante dos próprios gráficos e dos mapeamentos de hipsometria, declividade, acumulação de fluxo, direção de fluxo e densidade de AUs e de lineamentos de relevo. O *overlay* dos shapefiles referentes à drenagem, às AUs e ao mapeamento geológico com tais *rasters* possibilitou uma melhor apreciação dos fatores do meio (ex: direção do escoamento superficial, ação humana) e das

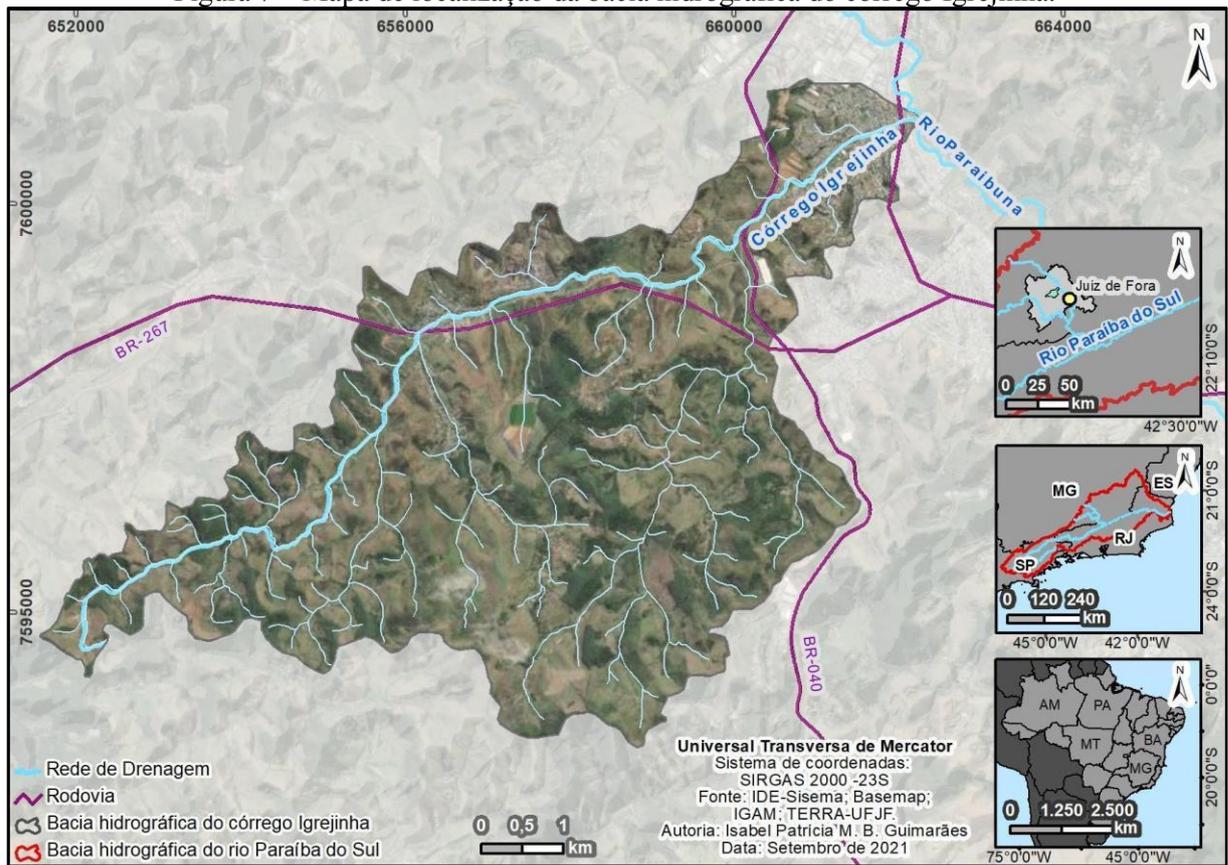
feições tipicamente atreladas a agentes de ordem morfoestrutural, sobretudo no que é tocante à morfogênese local. Desta forma, procurou-se estabelecer associações entre as feições retilíneas no relevo, mudanças no padrão de drenagem — como em Marques Neto, Pacheco e Moreira (2019) e Paixão, Salgado e Freitas (2019) — e as tendências de sentido das falhas mapeadas na região, além do advento dos sistemas úmidos neste contexto.

Os lineamentos, traçados como segmentos de reta em polilinha, foram extraídos manualmente, via ferramenta de criação de feições. Tal técnica foi utilizada com a finalidade de compreender a influência da morfoestrutura na evolução do relevo local, de forma a relacioná-la com a formação de áreas úmidas, a partir do overlay com os dados de FABD, FSTT e Geologia. No *software* SPRING 5.2.7, foram geradas rosetas calculadas sob os parâmetros estatísticos de comprimento médio e frequência relativa, de forma a verificar tendências de orientação destes lineamentos (FÉRES; ALMEIDA-ABREU, 2019; RODRIGUES; MAIA, 2019; MARQUES NETO; PACHECO; MOREIRA, 2019).

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do córrego Igrejinha localiza-se no município de Juiz de Fora-MG, nas proximidades do cruzamento entre as rodovias BR-040 e BR-267. Com uma área de 39,12 km², abrange o bairro Igrejinha e parte do bairro Benfica já nas proximidades do exutório (Figura 7). O córrego Igrejinha é um dos principais afluentes da margem direita do rio Paraibuna, que, por sua vez, faz parte da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul.

Figura 7 – Mapa de localização da bacia hidrográfica do córrego Igrejinha.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Apesar de ser considerada como parte do perímetro urbano³ de Juiz de Fora, a bacia caracteriza-se pelo uso majoritariamente rural, de forma que grande parte da área é coberta por vegetação campestre, pastagens e florestas, esta última classe sendo representada por prováveis fragmentos remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual (IBGE, 2012). Junto a isso, há uma disposição descentralizada de construções e lotes. Fora do eixo com maior concentração de edificações (desde as imediações do extremo Nordeste da bacia até arredores imediatos da

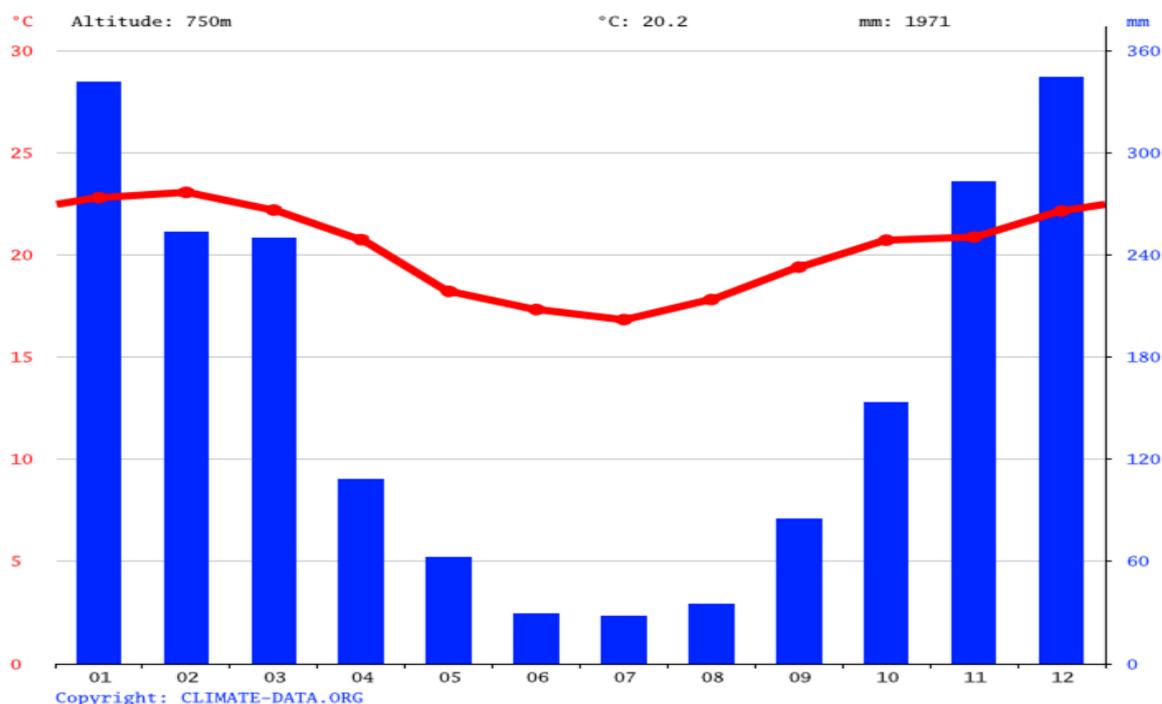
³ https://www.pjf.mg.gov.br/desenvolvimentodoterritorio/sistema_informacoes/zoneamento.php

BR-267), nota-se uma predominância de pequenas propriedades rurais, sítios e loteamentos – grande parte de tais loteamentos, inclusive, estando em processo de terraplanagem e/ou implantação das residências.

Nas concentrações urbanas no terço médio da bacia, é possível notar a presença de pequenos comércios, voltados em sua maior parte para o atendimento da população local. A presença de uma das unidades da Nexa (metalúrgica) também é observada, sendo o complexo minerário situado ao lado do bairro Igrejinha. Em diversas seções do vale do córrego principal, é perceptível a pressão antrópica exercida pelas modificações impostas por construções, drenos, remoção de materiais e aterros.

Sob a influência de um clima tropical de altitude CWa (SÁ JÚNIOR et al., 2011), o município e a área estudada apresentam tendências a períodos de concentração do volume de precipitação (entre meados de outubro e março), em contraste com períodos relativamente mais secos (entre meados de abril e setembro) (Figura 8). Posto isto, se favorecem processos de inundação e enchentes nas épocas com ocorrências mais frequentes de chuva, assim como as consequentes intensificações de escoamentos superficiais e subsuperficiais (OLIVEIRA et al, 2020).

Figura 8 – Gráfico de normais médias anuais no município de Juiz de Fora.



Fonte: CLIMATE-DATA (2023).

De maneira geral, “as precipitações no município de Juiz de Fora são em média de 1494,87 mm ao ano [...] dividindo-se em uma estação chuvosa, que se estende de outubro a março, e outra estação seca, de abril a setembro”(OLIVEIRA et al, 2020, p. 461).

Sabendo que grande parte da energia inserida nos sistemas da bacia é proveniente da chuva, entende-se que ainda que os períodos de menor precipitação sejam relativamente longos, os canais tendem a ser alimentados durante o ano inteiro, dada a existência dos fluxos subterrâneos e subsuperficiais (CHARLTON, 2008) ascendentes de zonas saturadas do solo. A saturação de tais zonas deve-se não somente ao advento de volumes d’água que excedem a capacidade de infiltração do regolito, mas também de escoamentos subsuperficiais provenientes de partes elevadas de vertentes, geralmente com maior proximidade entre a superfície e a rocha (esta última, por vezes, com baixa porosidade e/ou parca capacidade de infiltração por água).

4.1 CARACTERÍSTICAS HIDROGEOMORFOLÓGICAS

A predominância de morros e morrotes é evidente na área, de maneira que o relevo ondulado se intercala com a vales fluviais, contando com numerosos canais de drenagem curtos. Como é de praxe em regiões de relevo mamelonar, a rede de drenagem segue um padrão dendrítico (CHRISTOFOLETTI, 1980; CHARLTON, 2008), com canais moldados por vales

curtos, curvas e confluências de ângulos agudos e cabeceiras em aparente processo de rebaixamento.

A disposição muito aproximada dos canais, geralmente com intervalos de poucos metros entre eles estabelece uma drenagem densa. A quantidade de canais concentrados ressalta a grande frequência de superfícies com aptidão para escoamento; nessa lógica, entende-se que a perda a longo prazo de materiais regolíticos pode ser massiva, dado o provável desgaste mecânico (por água corrente) e químico (por água infiltrada no solo).

Concomitantemente, a movimentação lateral dos fluxos d'água dos canais em direção às suas margens (especialmente em trechos retilíneos, frequentes na rede de drenagem estabelecida pela bacia) pode viabilizar o acúmulo de água em setores de menor declividade do relevo local, tal qual se faz perceptível nas seções mais “abertas” e/ou dissecadas do vale do córrego principal – como em zonas próximas à foz, onde há desaceleração de fluxos d'água e acúmulo mais significativo de sedimentos (PHILLIPS, 1989; GOMES, 2017).

A presença de açudes e similares é mais notável em pequenas propriedades (com algumas exceções, como nas barragens pertencentes à Nexa), de uso provavelmente voltado à dessedentação de animais e ao lazer, como pesca e banho; evidencia-se que muitos destes represamentos podem ser de origem artificial, utilizando-se de escavações (para eventual ascensão do nível freático), barramentos e/ou drenos e para captação da água disponibilizada pela rede de drenagem.

Pressupõe-se que parte da carga sedimentar transportada e depositada pelos canais é proveniente das cabeceiras de drenagem, somando o material coluvial (transportado pela ação gravitacional) ao aluvial (já conduzido pelos fluxos d'água em canais) (CHARLTON, 2008), de forma que é plausível que haja uma grande parcela de sedimentos coluviais de granulometrias variáveis. Com a intensificação e larga escala temporal do intemperismo químico (AB'SABER, 2003; IBGE, 2007), entende-se a ocorrência dos tipos de solos mais maduros e espessos presentes na área e na região. Estes solos, por sua vez, tendem a indicar graus avançados de desgaste catalisados pela umidade e pelo calor.

As argilas submetidas a tais condições intempéricas podem apresentar granulometrias ainda menores, facilitando o já rápido transporte de cargas suspensas nos leitos de canais. Em contrapartida à tendência de menor potencial de escavação ocasionada por rios meandrantés (devido à insuficiência de energia para mobilizar sedimentos e modificar as margens)

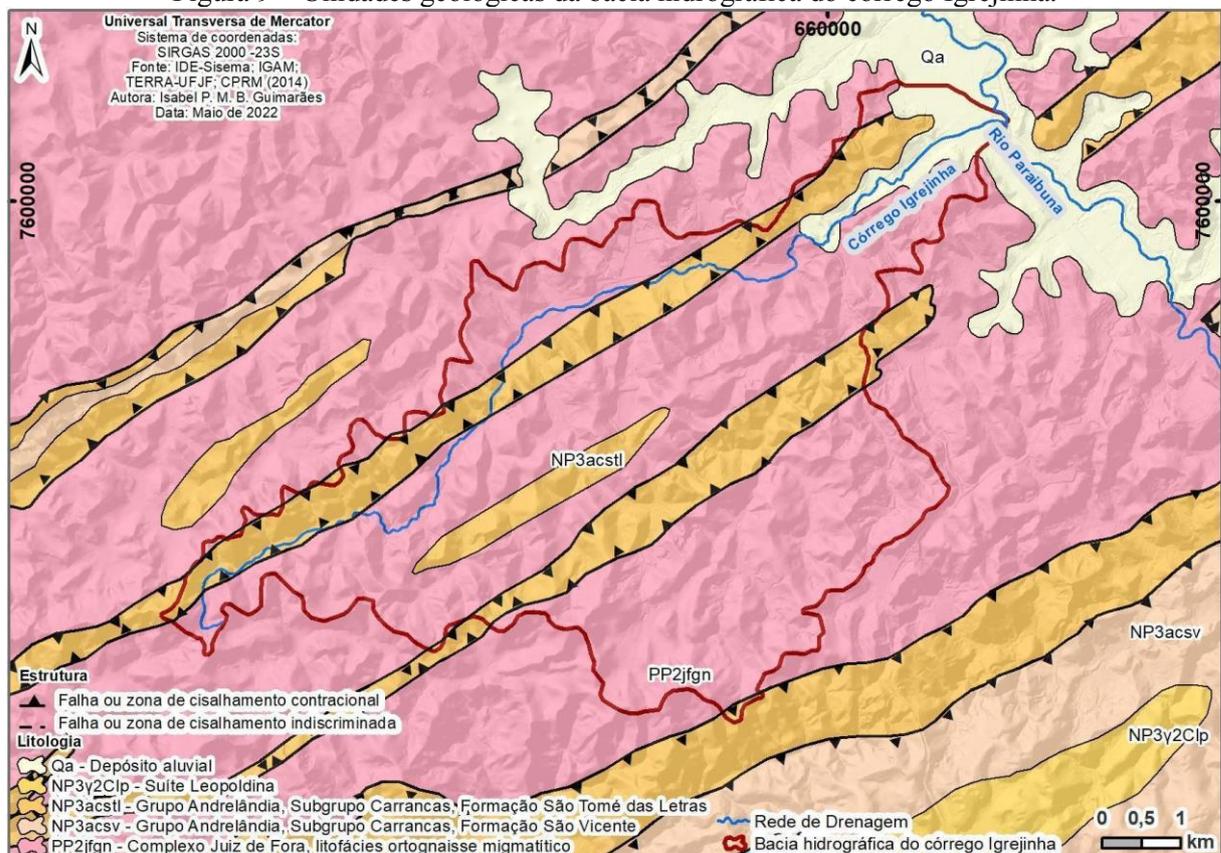
(CHARLTON, 2008), muitos dos canais de maior ordem da bacia possuem trechos mais retilíneos, o que poderia indicar maior velocidade dos fluxos d'água nestes locais.

4.2 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

A região em que se situa o recorte espacial se dá sobre o Domínio Juiz de Fora, compartimento da Faixa Ribeira, que compõe a Província Mantiqueira, tal como entendido por Schobbenhaus e Neves (2003), Heilbron et al (2004) e Tupinambá et al. (2007).

Em termos litológicos, o embasamento ortognaissico, de origem ígnea, é predominante em nível regional. Segundo mapeamento realizado pela CODEMIG (2014), ocorrem na área litotipos paleoproterozoicos do Complexo Juiz de Fora (PP2jfgn), intercalados com as unidades neoproterozóicas do Grupo Andrelândia e Formação São Tomé das Letras (NP3acstl). Além disso, ocorrem depósitos aluviais quaternários (Qa) nas partes menos declivosas do vale principal, com ênfase nas circunvizinhanças da foz (Figura 9).

Figura 9 – Unidades geológicas da bacia hidrográfica do córrego Igrejinha.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

O mapeamento utilizado reforça a abrangência significativa dos ortognaisses na região. Tratam-se de rochas antigas (paleoproterozoicas), com baixa permeabilidade primária pela origem meta-ígnea e pela menor porosidade original. Por outro lado, são rochas fraturadas, com

elevada suscetibilidade à erosão ocasionada pelas intensas ações intempéricas químicas (CASSETI, 2005), típicas do domínio dos Mares de Morros e do Tropical Atlântico Sudeste (AB'SABER, 2003; KAMINO et al., 2019).

A intensidade de tais processos justifica parcialmente a formação de solos espessos, maduros, representativos de grandes mantos de alteração; afinal, trata-se de uma região favorável ao acelerado desgaste dos materiais rochosos e pedológicos, como se vê em Ab'Saber (2003). A título de exemplo, há um predomínio de LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico (LVAd) e alguma ocorrência de CAMBISSOLO HÁPLICO Tb distrófico (CXbd) na área (UFV-CETEC-UFLA-FEAM, 2010). Em função da possível probabilidade de maior retenção de água subterrânea por rochas metamórficas pouco permeáveis, entende-se que é plausível que a manifestação de zonas pontuais de solos hidromórficos já amadurecidos ou em processo de gleização sejam mais frequentes nos locais onde há predomínio deste tipo de rocha (RAMOS et al, 2006; FEITOSA; MANOEL FILHO, 2008; GUERRA; GUERRA, 2008).

No que diz respeito à Formação São Tomé das Letras (NP3acstl, datada do Neoproterozoico) do Grupo Andrelândia, é notado que os litotipos são compostos em sua maior parte por quartzitos dispostos em faixas que sobrepõem os embasamentos paleoproterozoicos, em um sentido NE-SW, típico das deformações do orógeno em que se situam (TUPINAMBÁ et al., 2007). Consequentemente, tal padrão de sentido é comum às tendências de falhas presentes na bacia do rio Paraíba do Sul (COELHO NETTO, 2003). As variações relativas ao ajuste da rede de drenagem sobre a superfície (por vezes apresentando trechos mais retos e “encaixados”, desvios e confluências de ângulos próximos a 90°) podem ser parcialmente justificadas por diferenças de resistência (SORDI et al, 2018; PAIXÃO; SALGADO; FREITAS, 2019) entre os quartzitos do Grupo Andrelândia e os ortognaisses do Complexo Juiz de Fora, especialmente nos arredores de falhas e contatos líticos. Além disso, as fraturas derivadas do metamorfismo dos quartzitos também podem influenciar o “encaixe” da drenagem (REZENDE; SALGADO, 2020), tal qual a tendência de eventuais anomalias nos canais, frequente na bacia do Paraibuna e na região (MARQUES NETO et al., 2022).

Em menor abrangência, a concentração de depósitos aluviais (Qa) se faz mais presente nas proximidades do exutório da bacia, em direção ao nordeste e ao leste da mesma. Nota-se que há também a presença de depósitos coluviais recentes e avulsos, dispostos em diversos pontos da bacia, especialmente em cabeceiras de drenagem; porém, não são mapeados remotamente em função da escala, uma vez que uma identificação mais detalhada destes

acúmulos de sedimentos exigiria um maior nível de precisão e resolução espacial dos materiais utilizados. Dados do Quaternário, tais depósitos recentes possivelmente se misturam a materiais coluviais e tecnogênicos (derivados de aterros, materiais de construção civil e/ou sedimentos extraídos por terraplanagem, por exemplo), dado que a maior densidade de edificações e construções – áreas urbanizadas em geral – se dá sobre a mesma região do recorte espacial.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

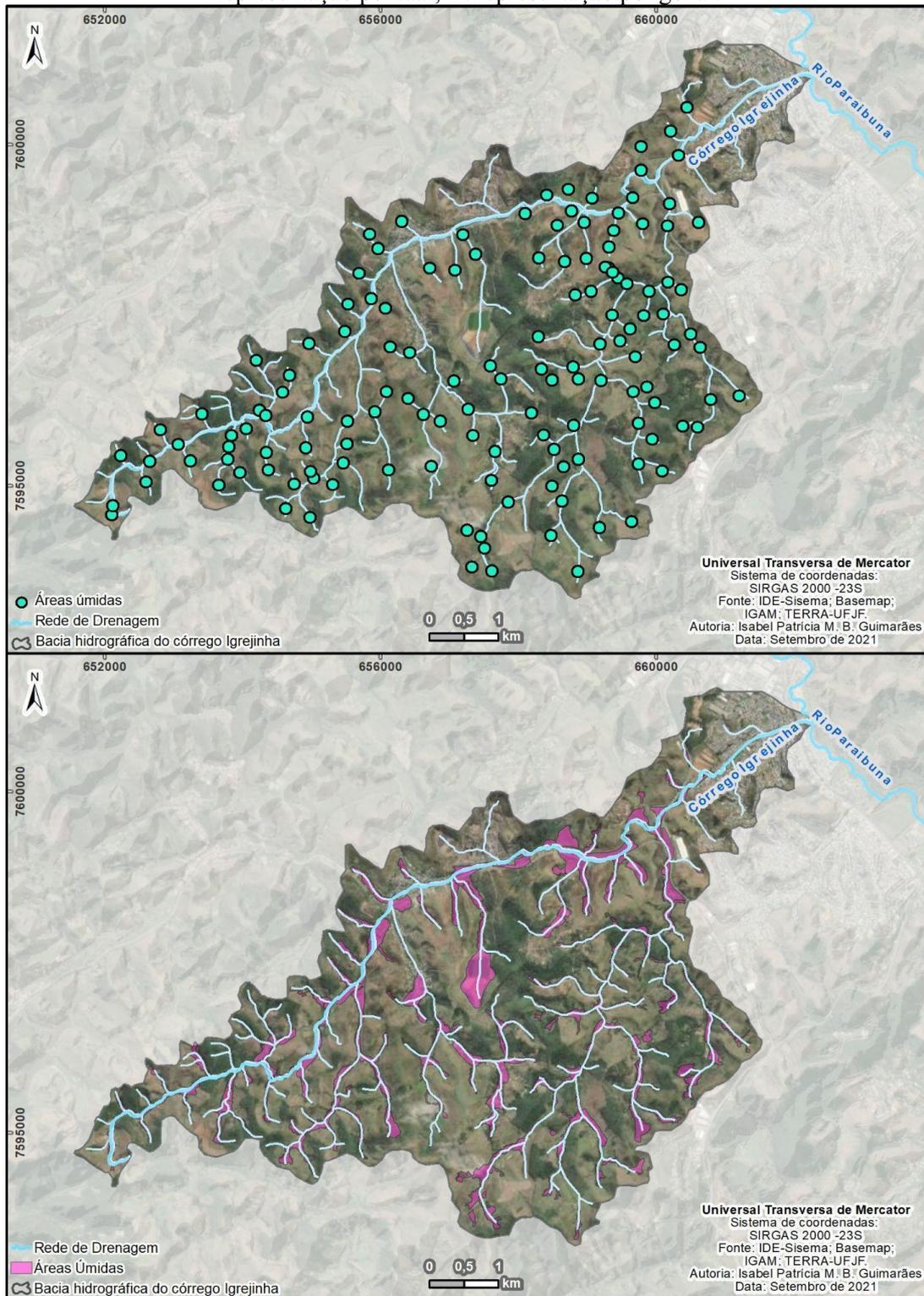
Entende-se que a morfodinâmica e os processos de transporte e deposição sedimentar ao longo dos canais (sejam eles de qualquer ordem) compõem parte dos regimes de (re)trabalhamento da matéria e energia inseridas nos sistemas geomorfológicos, como a própria bacia hidrográfica (CHRISTOFOLETTI, 1999). Em Gomi, Sidle e Richardson (2002), Charlton (2007) e Stevaux e Latrubesse (2017) é evidenciada a discussão de como os *inputs* de energia e matéria são recebidos, distribuídos, trabalhados e dispersos (*output*) pelos sistemas:

“Todo trabalho realizado por um rio provém da transformação da energia potencial (EP) em energia cinética (EC) ao longo do perfil longitudinal, de modo que a energia total do sistema seja constante ($ET = EP + EC = \text{constante}$). Assim, a erosão do substrato (ou do próprio depósito aluvial), o transporte de água e sedimento, a deposição temporária da carga sedimentar, a construção e a modificação das estruturas (canais e planícies de inundação), e até a sustentação da ecologia fluvial [...] são realizados com essa energia.”(STEVAUX; LATRUBESSE, 2017, p. 110)

De forma que as AUs – enquanto parte do sistema da bacia e de diversos outros sistemas ambientais (dada a interesalaridade da temática) – também estão envolvidas nessa dinâmica de ganhos, distribuição e dissipação. Porém, em uma comparação de “medidas” de alta ou baixa energia dos hidrossistemas (fluviais ou não), as AUs se encontrariam localizadas em níveis mais baixos de energia total (CHARLTON, 2007; GOMES, 2017; GUIMARÃES; FELIPPE, 2021).

A partir de técnicas de sensoriamento remoto, foram identificadas 140 áreas úmidas no contexto da bacia hidrográfica do córrego Igrejinha (Figura 10 e Apêndice 2). No total, foram validadas 8 AUs em campo (AU23, AU28, AU36, AU75, AU76, AU77, AU78 e AU79), de maneira que se fez possível verificar as características e contextos ambientais destas *in loco*, por meio da observação da paisagem local de pontos de vista oblíquos, procurando complementar a visualização vertical e orbital. A validação de campo permitiu a verificação dos indicativos usuais da existência de áreas úmidas, como a retenção e exfiltração difusa de água, a presença de vegetação higrófila e hidrófita (como lírios-do brejo e taboas) (CUNHA; PIEDADE; JUNK, 2014; GOMES, 2017) e supostas ocorrências de solos encharcados, possivelmente submetidos a processos de redução (BRINKMAN, 1979)

Figura 10 – Localização das áreas úmidas identificadas na bacia hidrográfica do córrego Igrejinha - A: representação pontual; B: representação poligonal.

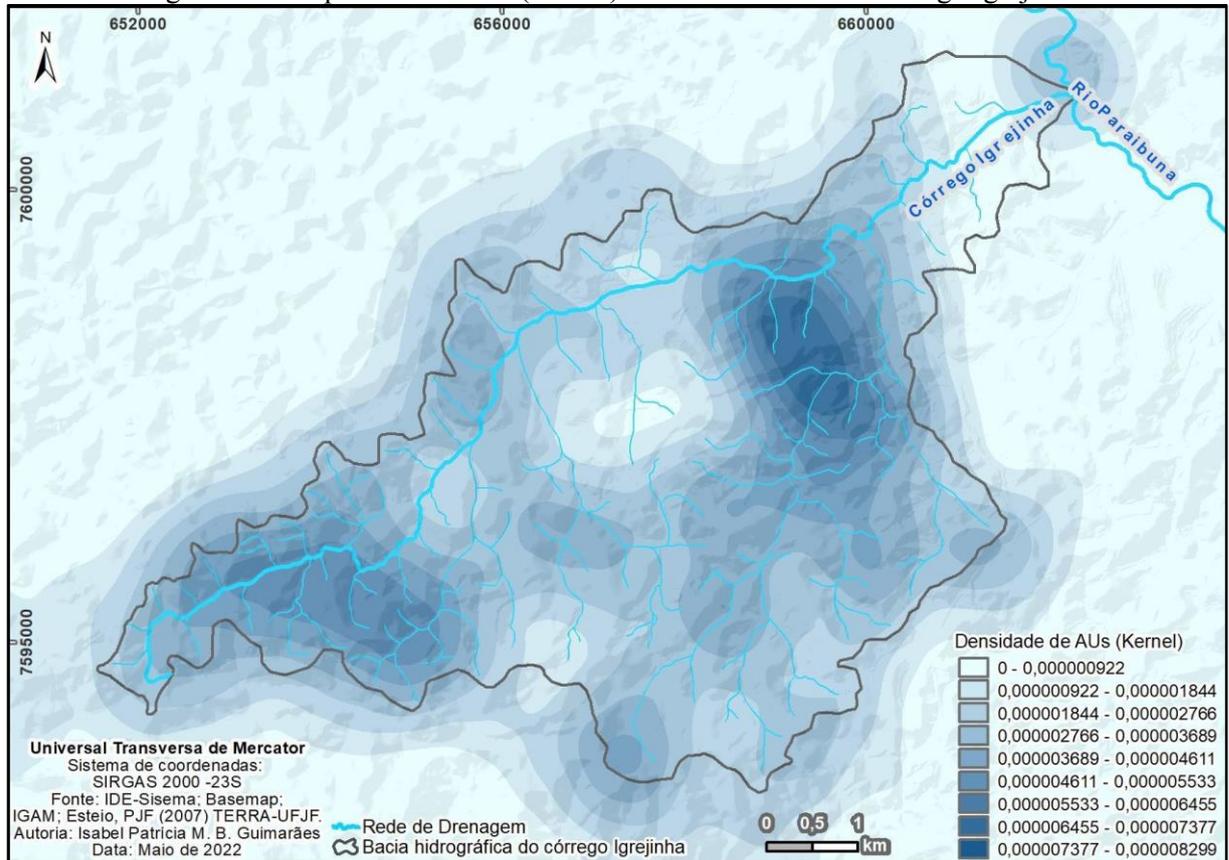


Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Se faz perceptível a maior densidade de AUs nas seções NE e SW da bacia (Figura 11). Inicialmente, associa-se tal frequência à justaposição de uma parte mais densa da rede de drenagem (com maior número de canais, ainda que de menor comprimento) ligada à

proximidade entre morros e suas cabeceiras adjacentes, além do evidente alinhamento de cristas.

Figura 11 – Mapa de densidade (Kernel) das AUs da bacia do córrego Igrejinha.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

A interpretação dos condicionantes ambientais encontrados considera a contextualização das AUs dentro da paisagem observada, entendendo estas sob a perspectiva sistêmica (BERTALANFFY, 1950; 1951; 1972; GOMES; VITTE, 2018; SANTOS et al., 2019; SILVA, 2021).

Sob tal resultado, destacam-se algumas contradições entre as características mapeadas e as condições de existência de AUs – em especial, a predominância de formas alongadas (Figura 12), que favorecem o escoamento, em oposição às formas arredondadas, que favorecem o acúmulo de água. Notadamente, há maior recorrência de AU alongadas do tipo fluvial, localizadas em planícies. Essas acompanham o eixo da drenagem e se organizam morfológicamente em resposta aos canais fluviais. constatação da situação de metade das AUs em cabeceiras de drenagem também indica um cenário comumente considerado atípico para o desenvolvimento de AUs, dado o contexto usual de maior declividade nestes locais, o que também favorece o escoamento da água em detrimento de sua estagnação e infiltração. Para

estas (cabeceira), a estatística se mostra inconclusiva para a forma da AU, conjugando alongadas e arredondadas inadvertidamente.

Figura 12 – Matrizes bivariadas correlatas à geomorfologia das AUs.

AUs Forma			AUs Direção de fluxo										
Geomorfologia	Alongada	Arredondada	Total	Geomorfologia	L	N	NE	NW	S	SE	SW	W	Total
Cabeceira	33	37	70	Cabeceira	4	12	7	18	1	18	6	4	70
Planície	53	17	70	Planície	6	20	19	14		10	1		70
Total geral	86	54	140	Total geral	10	32	26	32	1	28	7	4	140

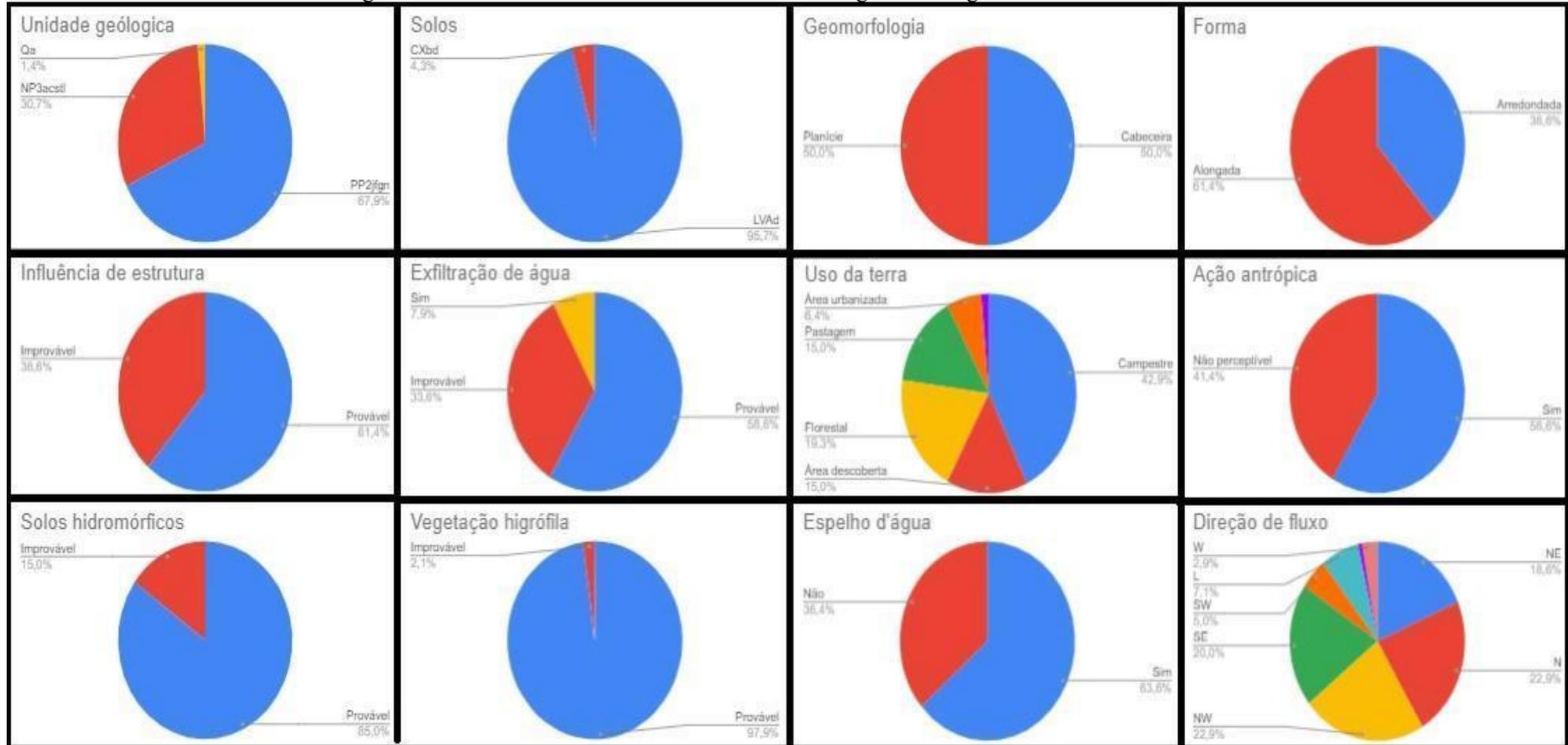
AUs Influência de estrutura			AUs Ação antrópica			AUs Un. geológica						
Geomorfologia	Improável	Provável	Total	Geomorfologia	Não perceptível	Sim	Total geral	Geomorfologia	NP3actstl	PP2jfgn	Qa	Total
Cabeceira	25	45	70	Cabeceira	40	30	70	Cabeceira	23	47		70
Planície	29	41	70	Planície	18	52	70	Planície	20	48	2	70
Total geral	54	86	140	Total geral	58	82	140	Total geral	43	95	2	140

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

A provável manifestação de espécies vegetais adaptadas a meios úmidos na maioria das AUs somada à grande probabilidade de exfiltração de água e de ocorrências de solos hidromórficos sugere uma estabilidade na manutenção da existência de AUs. A concomitância entre tais situações pode pressupor um estado ideal para tal continuidade: a vegetação atua na retenção de água e sedimentos no solo – que, mal drenado, acaba por favorecer a ascensão da água à superfície.

As tendências majoritárias de direção de fluxo para N, NE, NW e SE das AUs (Figura 13), juntamente à provável influência de estruturas (Figura 14), levam ao diálogo direto com o papel dos aspectos morfoestruturais e morfotectônicos do relevo na formação das AUs. Ressalta-se que a direção preferencial das estruturas regionais é NE-SW (RICCOMINI, 1989; HEILBRON et al, 2004; TUPINAMBÁ et al, 2007). Os dados também dialogam com a grande assimetria da bacia.

Figura 13 – Gráficos referentes às características fisiológicas e fisiográficas das AUs.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

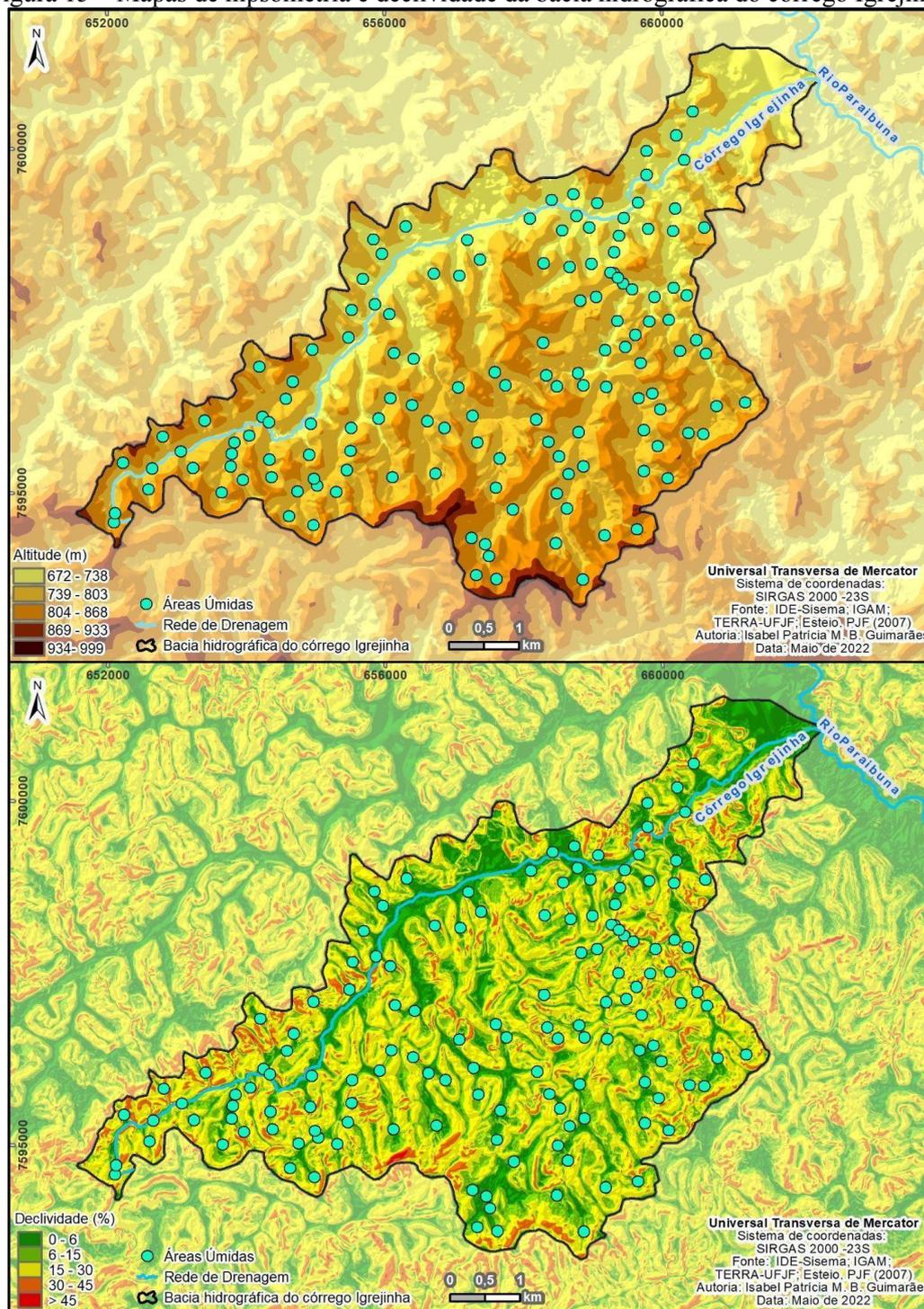
Figura 14 – Matrizes bivariadas de frequência absoluta da ocorrência de AUs.

AUs	Exfiltração de água				AUs	Forma		
Uso da terra	Improvável	Provável	Sim	Total	Geomorfologia	Alongada	Arredondada	Total
Área descoberta	4	16	1	21	Cabeceira	33	37	70
Área urbanizada	2	7		9	Planície	53	17	70
Campestre	23	30	7	60	Total geral	86	54	140
Florestal	9	17	1	27	AUs	Ação antrópica		
Pastagem	7	12	2	21	Espelho d'água	Não perceptível	Sim	Total
Uso não identificado	2			2	Não	41	39	80
Total geral	47	82	11	140	Sim	17	43	60
Total geral	47	82	11	140	Total geral	58	82	140
AUs	Exfiltração de água				AUs	Influência de estrutura		
Forma	Improvável	Provável	Sim	Total	Exfiltração de água	Improvável	Provável	Total
Alongada	30	50	6	86	Improvável	20	27	47
Arredondada	17	32	5	54	Provável	32	50	82
Total geral	47	82	11	140	Sim	2	9	11
Total geral	47	82	11	140	Total geral	54	86	140
AUs	Exfiltração de água				AUs	Influência de estrutura		
Veg. higrófila	Improvável	Provável	Sim	Total	Direção de fluxo	Improvável	Provável	Total
Improvável		3		3	L	4	6	10
Provável	47	79	11	137	N	15	17	32
Total geral	47	82	11	140	NE	11	15	26
Total geral	47	82	11	140	NW	10	22	32
AUs	Un. geológica				AUs	Influência de estrutura		
Direção de fluxo	NP3acstl	PP2jfgn	Qa	Total	Direção de fluxo	Improvável	Provável	Total
L	3	7		10	S	1		1
N	5	27		32	SE	8	20	28
NE	9	16	1	26	SW	3	4	7
NW	10	22		32	W	2	2	4
S	1			1	Total geral	54	86	140
SE	11	18	1	26	Total geral	54	86	140
SW	3	4		7	AUs	Solos hidromórficos		
W	1	3		4	Veg. higrófila	Improvável	Provável	Total
Total geral	43	95	2	140	Improvável	1	2	3
Total geral	43	95	2	140	Provável	20	117	137
AUs	Influência de estrutura			AUs	Influência de estrutura			
Un. geológica	Improvável	Provável	Total	Un. geológica	Improvável	Provável	Total	
NP3acstl	7	36	43	NP3acstl	7	36	43	
PP2jfgn	47	48	95	PP2jfgn	47	48	95	
Qa		2	2	Qa		2	2	
Total geral	54	86	140	Total geral	54	86	140	

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

A interseção relativamente expressiva entre a ocorrência de espelhos d'água e a probabilidade de ação antrópica, por sua vez, podem indicar a existência de uma alta quantidade de açudes e reservatórios. Estes podem alterar a extensão de AUs, seja para expansão ou redução da área superficial destas (GUIMARÃES; FELIPPE, 2021; GUIMARÃES; BARROS; FELIPPE, 2022), sendo que tal situação é frequente na área. A concentração de escoamentos superficiais que percorrem as vertentes das formas de relevo convexas e convexo-côncavas (Figura 15) justifica parcialmente o intenso encharcamento das planícies e *hollows*; no caso da seção SW, a grande quantidade de cabeceiras de drenagem em sequência e alinhamento também reforça tal padrão de escoamento e posteriores processos de alagamento/encharcamento.

Figura 15 – Mapas de hipsometria e declividade da bacia hidrográfica do córrego Igrejinha.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

A partir de cálculos morfométricos aplicados à bacia hidrográfica, procurou-se obter uma melhor compreensão de como se dá a influência das formas da bacia e de seus elementos interiores nas questões hidrodinâmicas e morfodinâmicas. Buscou-se aliar parâmetros quantitativos às interpretações de caráter qualitativo, de maneira a comparar e esboçar tendências e comportamentos ilustrados pelos índices. Assim, houve um aprofundamento no

que diz respeito à concentração e à movimentação da água, essenciais para a assimilação sobre o surgimento de AUs na área.

Foi obtido um valor de Densidade de Drenagem (Dd) igual a 2,53 km/km², considerado alto (BELTRAME, 1994). Entende-se que isto indica uma situação comum às paisagens orquestradas sob regimes de umidade e calor elevados, como é de praxe no Tropical Atlântico (somando à litologia de rochas de baixa permeabilidade primária). Posto isto, a força dos processos erosivos e a continuidade dos mesmos sobre os *solum* acarreta na modelagem de vertentes convexo-côncavas em sequência e grande quantidade, em centenas de morros conectados por vales curtos, permeados pelos padrões dendríticos de canais (CHRISTOFOLETTI, 1980; CHARLTON, 2008).

Tal efeito da mamelonização do relevo (AB'SABER, 2003) resulta em redes de drenagem densas, resultantes das numerosas linhas concentradoras de escoamento superficial, que, desde laminar, junta-se ao linear, aprofundando ravinamentos e sulcos para a formação de canais.

Sob tal lógica, o Coeficiente de Manutenção (Cm) de 395,32 m²/m indica – inversamente proporcional à Densidade de Drenagem – que não se faz necessária uma extensa área para manter o escoamento de um metro de canal no âmbito da bacia. Isto se dá em função de uma distribuição satisfatória de água corrente superficial, associada aos intensos processos de vertente.

Ainda em conformidade com esta linha de raciocínio, o Índice de Rugosidade (Ir) de 695,64 sugere maior eficácia das formas de relevo locais para o escoamento da água sobre a superfície. A bacia, que exhibe forte rugosidade (graças ao relevo ondulado), dispõe de um volume considerável de água, favorecendo – em teoria – sua concentração. Nestes termos, a bacia apresentaria tendência à ocorrência de enchentes e inundações expressivas, além da retenção de água (e conseqüentemente sedimentos) em zonas côncavas do relevo, o que auxilia na explicação da recorrência da existência de AU nas cabeceiras de drenagem e anfiteatros erosivos (hollows).

Entretanto, o Fator de Forma (Kf) obtido (0,25) reforça os resultados dos índices previamente mostrados, uma vez que reflete um valor baixo, associado à baixa incidência de enchentes, favorecendo o escoamento de águas em direção ao exutório da bacia. Ratificando o resultado do Fator de Forma, o Índice de Circularidade (Ic) da bacia (0,29) e denota formas alongadas, apontando tendências voltadas ao escoamento de água para o exterior da bacia, de maneira a reduzir a probabilidade de cheias. Tais tendências vão de encontro à condição impreterível à existência de AUs: a concentração e conseqüente estagnação de água para o

encharcamento do solo. Todavia, ressalta-se que uma análise intrabacia pode mostrar a variabilidade espacial desses indicadores, uma vez que há sub-bacias com distintos formatos drenando para o córrego Igrejinha, sobretudo na sua margem direita, onde a superfície de escoamento é consideravelmente maior.

Compreende-se, então, que tal divergência de resultados não invalida os métodos de morfometria ou os põe em xeque. Por se tratar de um recorte espacial diverso, submetido a incontáveis variáveis influentes na composição da complexidade que rege os sistemas ali existentes; faz-se necessária a reflexão sobre os aspectos que não necessariamente estão sob o alcance dos olhos em campo: a própria subsuperfície (em termos de fluxos aquáticos, litologias e falhas) e a possibilidade de movimentações tectono-estruturais antigas e recentes.

Quanto a tais movimentos relativos a questões geológicas, a aplicação do Fator de Assimetria de Bacia de Drenagem (FABD) trouxe como resultado o valor de 78,13, apresentando uma significativa diferença entre as áreas drenadas à direita e esquerda do curso d'água principal. A leitura desse resultado levanta a possibilidade de um basculamento da margem direita do córrego Igrejinha, o principal da bacia estudada.

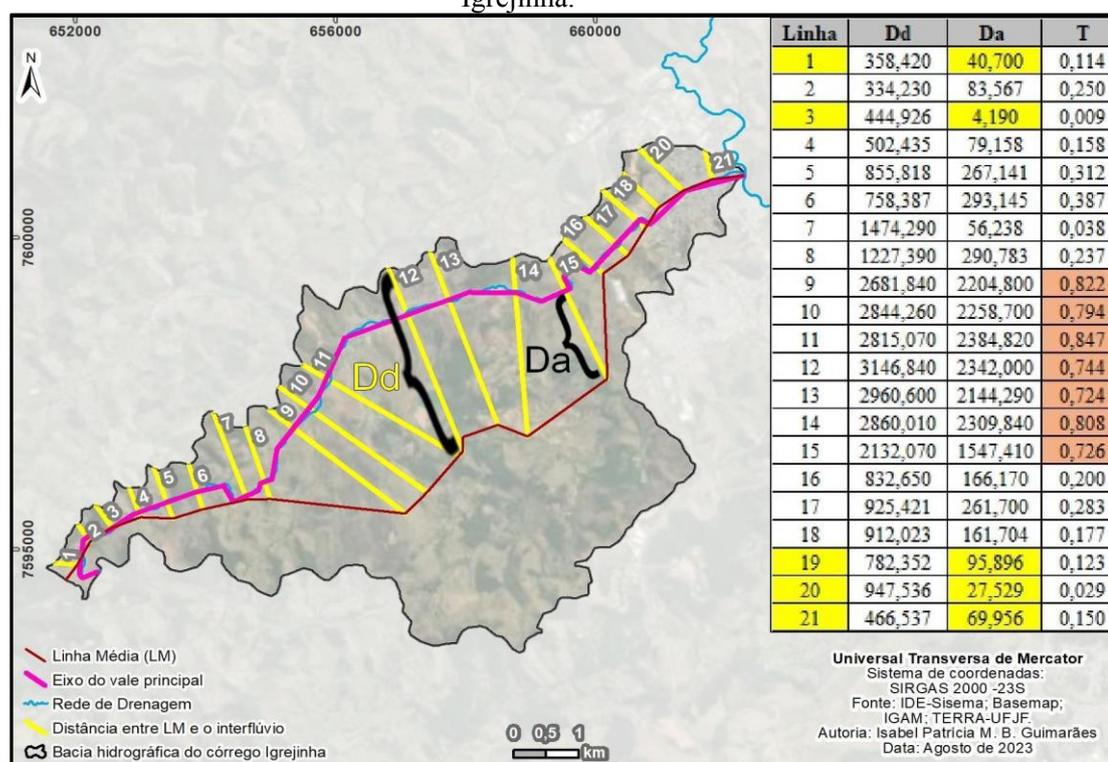
Juntamente a tais fatores, a significativa assimetria da bacia pode ser confirmada a partir dos resultados da aplicação do Fator de Simetria Topográfica Transversal (FSTT). As respectivas larguras dos setores mensurados na margem direita (MD) se mostram muito maiores que aquelas medidas à margem esquerda (ME) do córrego principal (Figura 16).

Entende-se que o córrego principal da bacia apresenta um curso disforme, sem a disposição de meandros que se espera de um canal majoritariamente aluvial ou com leito formado por sedimentos de granulometria arenosa a argilosa, como parametrizado por Charlton (2007). Assim, com uma predominância relativa de trechos mais retilíneos – característica mais tipicamente encontrada em rios de leitos rochosos e com evidente controle tectônico como evidenciam Charlton (2007) e Stevaux e Latrubesse (2017), que não é o caso do córrego Igrejinha e de diversos rios em domínios e configurações morfoclimáticas similares – a Linha Média (LM) da bacia também segue um desenho mais variado, quase “trapezoidal”, denotando margens bem assimétricas ao considerar o eixo do vale principal.

Tal assimetria pode ser dada, sobretudo, por desvios e mudanças “bruscas” no curso da drenagem, como em cotovelos, inflexões e gargantas, todos cercados por morrotes que favorecem a agradação fluvial. Desta forma, estes desvios proporcionam mudanças na energia a ser distribuída pelo córrego, bem como no que é tangente aos processos de transporte de sedimentos (em especial, cargas suspensas), deposição e armazenamento. Sob uma ótica tradicional de distribuição energética de alto, médio e baixo curso, o córrego acaba por denotar

mudanças de comportamento de acordo com as anomalias de drenagem e de relevo supracitadas. Assim, entende-se que a assimetria do eixo do vale e da bacia podem estar associadas a controle estruturais, sobretudo pela proximidade do curso d'água com falhas e contatos litológicos (ETCHEBEHERE et al, 2004). Pode-se, inclusive, levantar o questionamento tocante a movimentações da superfície correlatas a eventuais reativações de falhas Neoproterozoicas .

Figura 16 – Resultados das aplicações do índice FSTT⁴ em trechos da bacia hidrográfica do Córrego Igrejinha.

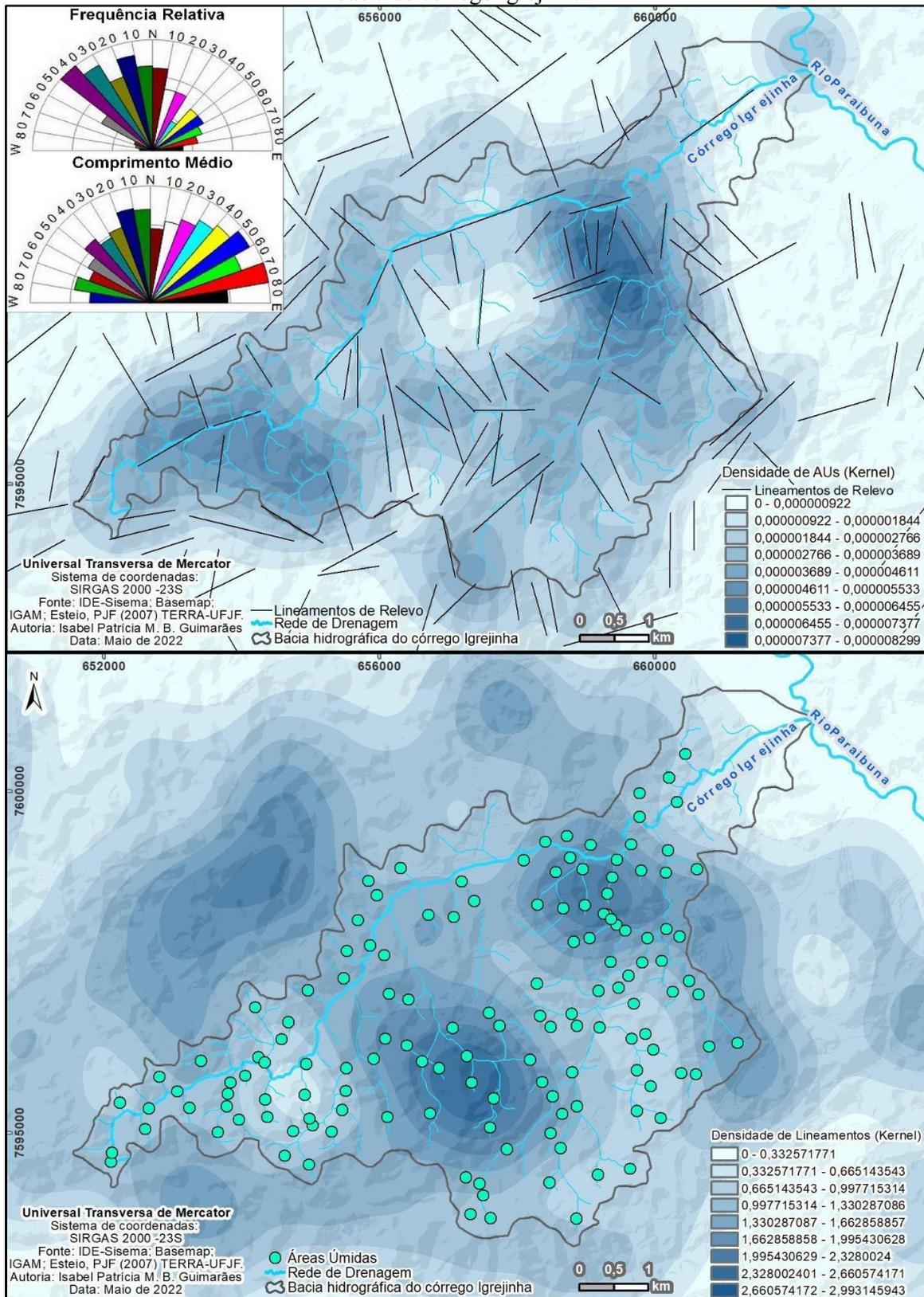


Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Assim, reforça-se a suspeita de atuação de forças de ordem tectono-estrutural na área e em regiões próximas ou similares, como apontam Cox (1994) e Salamuni (1998) em relação a bacias que geram resultados como o que foi obtido no presente trabalho. A conjunção destes índices e a espacialização das AUs em relação aos condicionantes geológicos locais e regionais leva a crer que estes exercem grande influência sobre a formação destes hidrossistemas. A sobreposição destes condicionantes à densidade de lineamentos (Figura 17) reforça tal ideia, tanto em relação às AUs em cabeceira quanto às de planície.

⁴ Valores em amarelo apontam maior largura da margem esquerda até o interflúvio; valores em vermelho apontam trechos excessivamente assimétricos. Dd = Distância da LM da bacia até o interflúvio; Da = distância entre LM e o eixo do vale do curso d'água principal.

Figura 17 – Mapas de densidade (Kernel) de AUs (acima) e de lineamentos de relevo (abaixo) na bacia do córrego Igrejinha.⁵



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

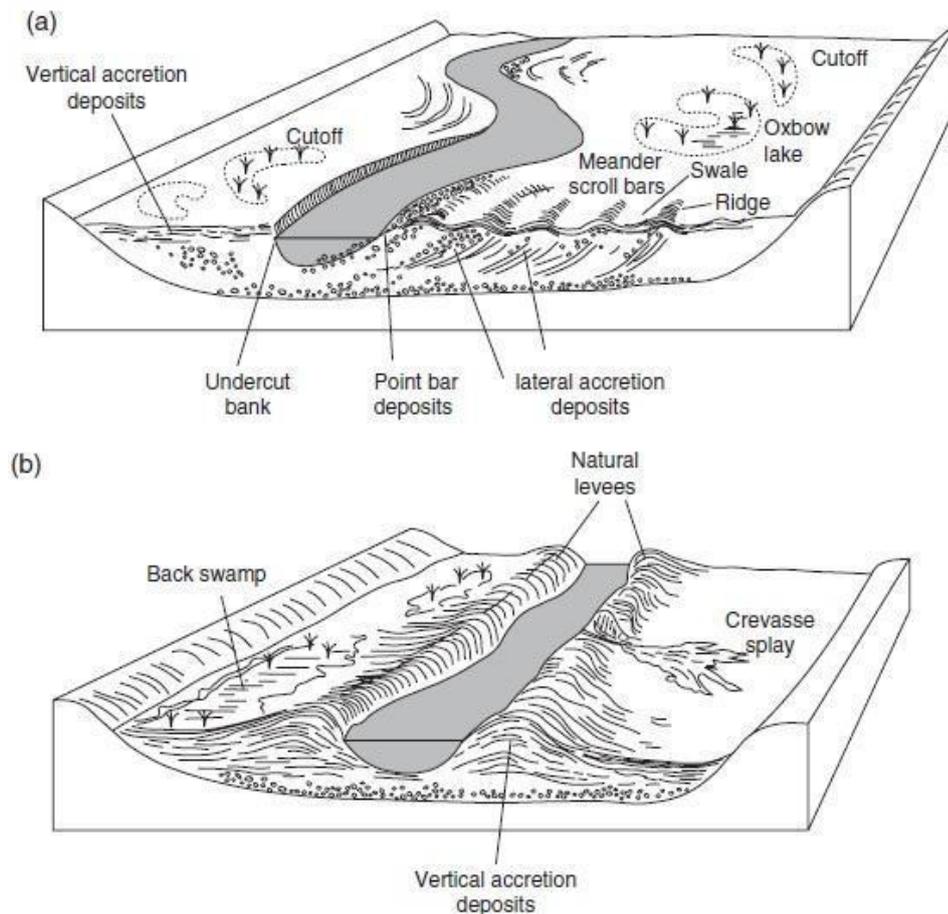
5.1 ORIGENS DAS ÁREAS ÚMIDAS FLUVIAIS

Majoritariamente, as AUs Fluviais têm sua origem relacionada à lógica típica do Tropical Atlântico (AB'SABER, 2003; KAMINO et al, 2019) de processos de transporte e deposição fluvial. Em baixadas, a agradação se dá tanto por sedimentos de origem coluvial quanto aluvial, dada a grande energia do escoamento superficial nos morros adjacentes aos vales somada a processos erosivos mecânicos. Cita-se, como exemplo, choques das gotas de chuva (*splash*) e de rajadas de ventos, que acabam por desagregar partículas de regolitos menos desenvolvidos (nos terços superiores de vertentes), sendo que tais partículas por vezes se acumulam no sopé de vertentes, podendo formar terraços fluviais (LANA; CASTRO, 2012). Assim, promove-se a retenção de sedimentos e água.

As baixadas, pela própria dinâmica gravitacional de acúmulo sedimentar de fundo de vale, favorecem a agradação fluvial (GOMI; SIDLE; RICHARDSON, 2002). Além da inundação de planícies a partir da cheia de cursos d'água, a retenção da água pluvial também é favorecida pelas vertentes que limitam os vales presentes na bacia. Em função da amplitude altimétrica dos morros e morrotes (e também em função da declividade), pode haver um efeito maior de “limitação” do movimento da água em função dos vales mais estreitos e curtos — em comparação com fundos de vale de maior amplitude. Também pode haver ascensão do fluxo d'água subsuperficial (Figura 18), a depender da largura da planície, do quão é confinada pelas vertentes íngremes, da proximidade do nível freático e da alteração antrópica do relevo.

⁵ A sobreposição dos vetores de lineamentos e AUs aos rasters de densidade de AUs e lineamentos (respectivamente) foi realizada para efeitos de comparação da distribuição espacial.

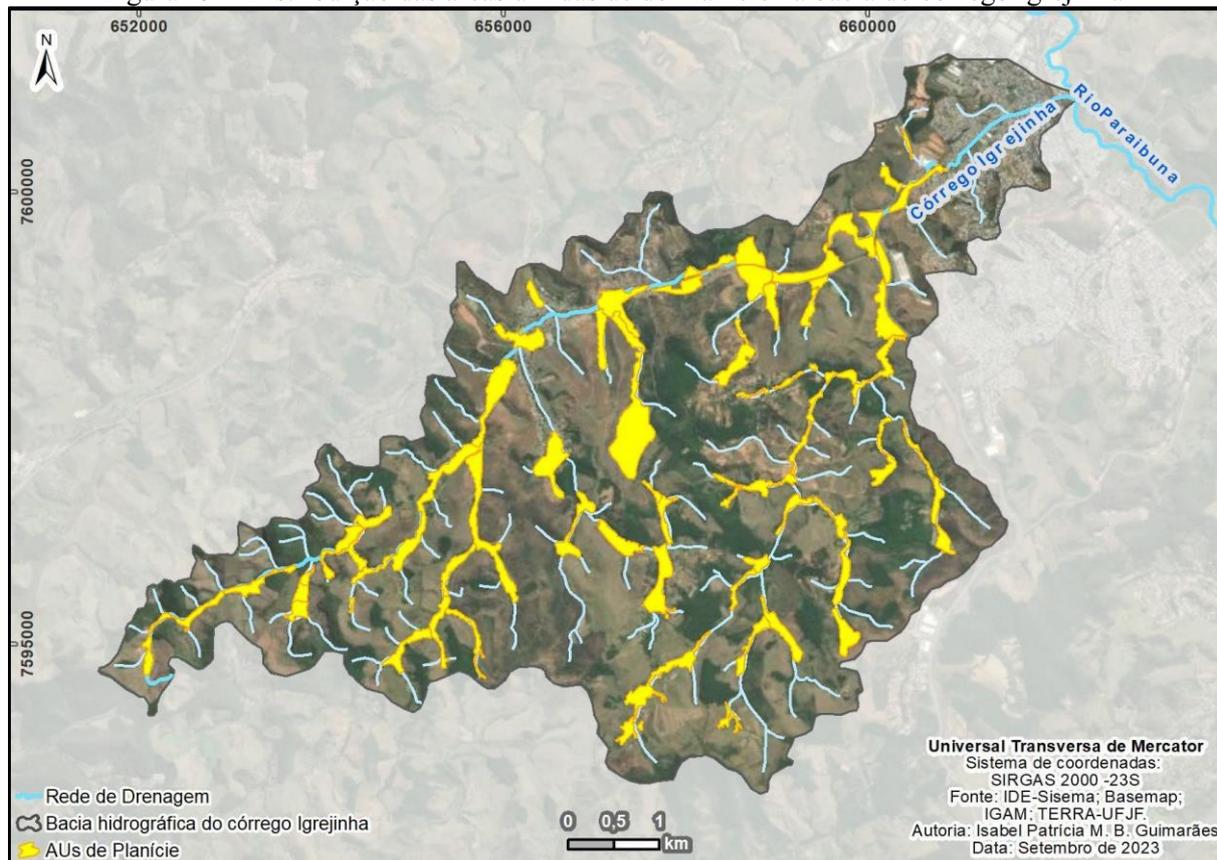
Figura 18 – Aspectos fluviais relativos a trechos de média energia (a) e de baixa energia (b).



Fonte: Charlton (2007).

Na área de estudo, as AUs Fluviais (Figura 19) são frequentemente alongadas, sendo que 75% delas apresentam este tipo de forma. Não necessariamente tal forma favorece o escoamento de água (como é o caso de bacias necessariamente alongadas), pelo contrário; pode representar áreas longitudinalmente maiores em comprimento e com uma profundidade mais próxima em relação ao nível de inundação dos leitos maiores dos rios (considerando as cheias).

Figura 19 – Distribuição das áreas úmidas de de Planície na bacia do córrego Igrejinha



Fonte: Elaborado pela autora (2023)

Concomitantemente, 58% delas apresentam provável influência de estruturas, corroborando a ideia de que os vales confinados entre morrotes de cristas alinhadas (frequentemente na bacia e no domínio dos mares de morros) cooperam diretamente na retenção de sedimentos e água. A influência das tendências da Faixa Ribeira é notada também ao reparar que 75% das AUs fluviais têm direcionamento de seus fluxos para Norte, Nordeste e Noroeste. Como visto em Heilbron et al (2004) e Tupinambá et al (2012), tais tendências de fluxo para Nordeste são típicas da Província Mantiqueira em Geral. As direções de fluxo para N e NW poderiam ser interpretadas como respostas aos esforços NE-SW (e vice-versa).

As ocorrências de solos hidromórficos podem ter caráter pontual, desenvolvendo-se apenas nas áreas encharcadas por longos períodos. A hidromorfização de alguns pequenos locais na área estudada não é abrangida pela escala (de 1:650 000) da base pedológica mapeada pela UFV-CETEC-UFLA-FEAM (2010), mas pôde ser passível de verificação em campo. Geralmente, estes locais têm uma característica em comum: a tendência à agradação sedimentar e ao acúmulo de água, ambos os processos condicionados pela topografia; formas côncavas (anfiteatros/cabeceiras) e/ou comumente associadas à concentração de materiais (fundos de

vale) podem, portanto, vir a favorecer a ocorrência de solos mal drenados e hidromórficos (PHILIPS, 1989) (Figura 20).

Figura 20 – Taboas e espécies hidromórficas sobre a AU75, no âmbito da bacia hidrográfica do córrego Igrejinha.



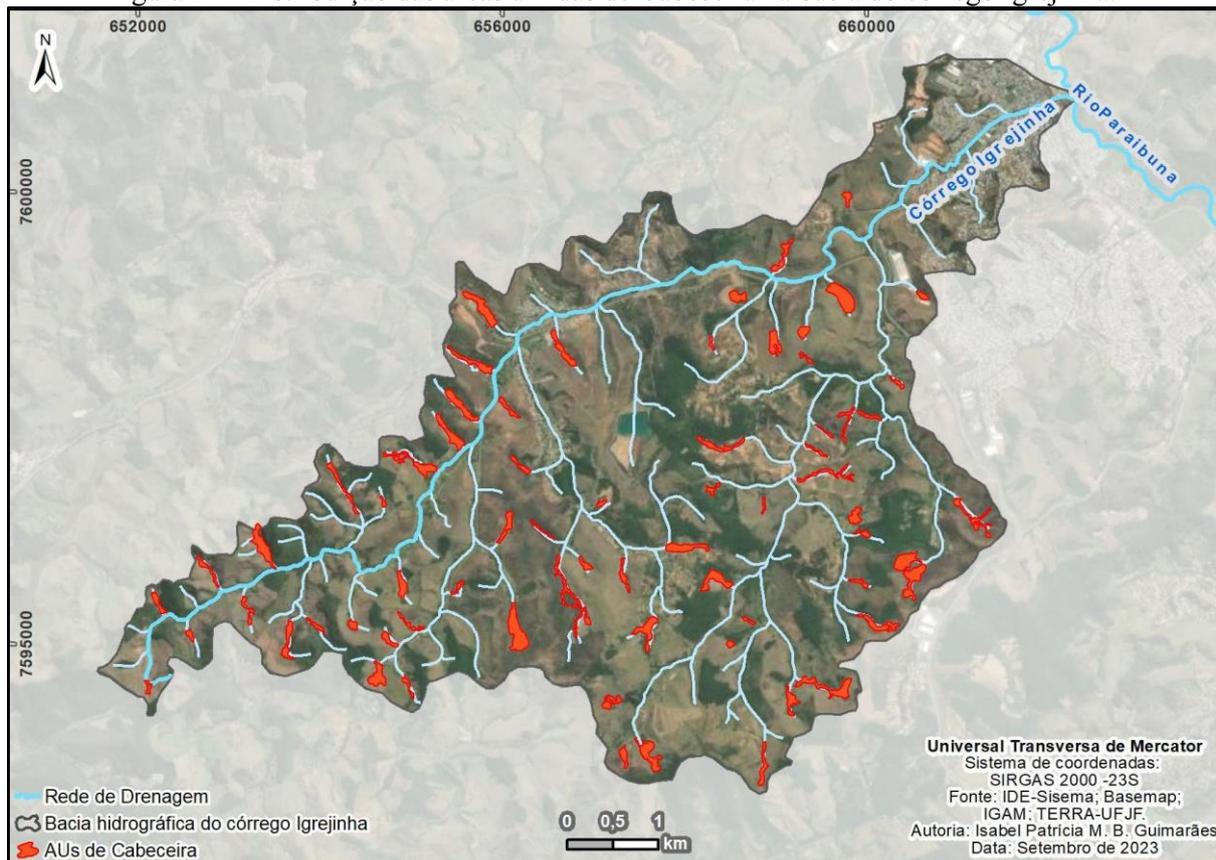
Fonte: Miguel Fernandes Felipe.

Nesta lógica, de maneira geral, os fatores topográficos desempenham um papel crucial no surgimento e manutenção das áreas úmidas (especialmente nas de planície), determinando dinâmicas e tendências de acúmulo sedimentar e de água (JACKSON, THOMPSON, KOLKA, 2014). Assim, nas baixadas e cabeceiras de drenagem, os níveis de umidade e o potencial de retenção de sedimentos são mantidas em função de questões topográficas ou morfológicas e da proximidade em relação a corpos d'água (PHILLIPS, 1989). Nota-se, também, a possibilidade de proximidade ao nível freático em sistemas aquíferos gravitacionais (suspensos), constituindo zonas de recarga (LENKO, 2020).

5.2 ORIGENS DAS ÁREAS ÚMIDAS DE CABECEIRA

No que é tangente à topografia e à configuração geomorfológica, as AUs em cabeceiras de drenagem têm suas origens favorecidas pela concavidade dos segmentos de vertentes que formam as cabeceiras (Figura 21). A convergência das vertentes para uma porção de menor declividade ao centro da forma (*hollow*) (REZAEIANZADEH; KALIN; HANTUSH, 2018), proporciona o escoamento (*runoff*) de água pluvial e fluvial em direção a este setor (GOMES, 2017).

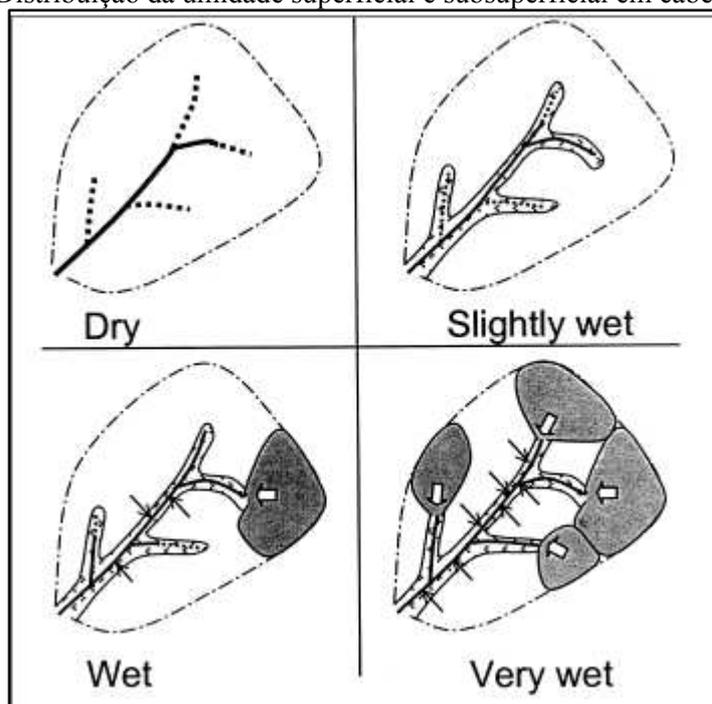
Figura 21– Distribuição das áreas úmidas de Cabeceira na bacia do córrego Igrejinha.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Assim, a água e sedimentos coluviais e/ou aluviais se acumulam tanto nesta parte quanto às margens dos canais de primeira ordem eventualmente presentes nas cabeceiras (Figura 22). Também há a possibilidade de intersecção do *hollow* com o nível freático, de forma que o fluxo subsuperficial de água possa aflorar, se tornando mais uma fonte de alimentação para as áreas úmidas — além, evidentemente, das águas superficiais.

Figura 22 – Distribuição da umidade superficial e subsuperficial em cabeceiras.

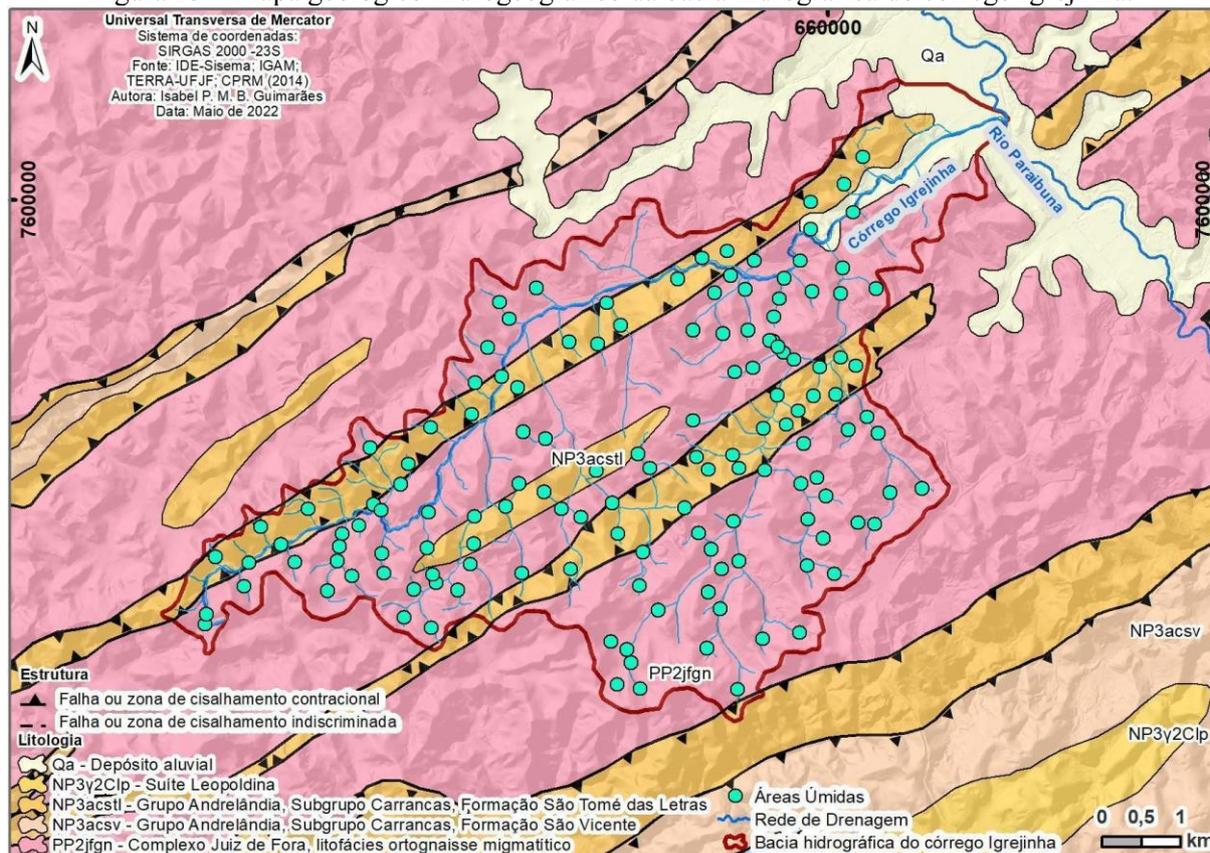


Fonte: Gomi; Sidle e Richardson (2002).

É possível notar que algumas áreas úmidas situadas no interior de cabeceiras na seção WNW da bacia estão dispostas de forma alinhada e ortogonal ao vale do córrego Igrejinha, enquanto as estruturas mapeadas por CPRM (2014) se dispõem de forma relativamente paralela ao vale (Figura 23). Percebe-se um certo paralelismo entre algumas das feições que contextualizam as AUs, como vales retilíneos, cristas alinhadas e as cabeceiras em si.

Por meio da visualização dos lineamentos de relevo extraídos, juntamente com a geração de rosetas, procurou-se compreender adequadamente as influências de ordem estrutural, a fim de levantar indícios de movimentações associadas a este tipo de morfogênese. Se faz perceptível a tendência de localização de lineamentos de comprimento igual ou superior a 700m no próprio vale e em cristas alinhadas que delimitam o mesmo, seguindo sentidos NNE-SSW e NE-SW, igualmente seguidos pelas falhas ou zonas de cisalhamento contracional presentes nas proximidades.

Figura 23 – Mapa geológico-hidrogeográfico da bacia hidrográfica do córrego Igrejinha.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

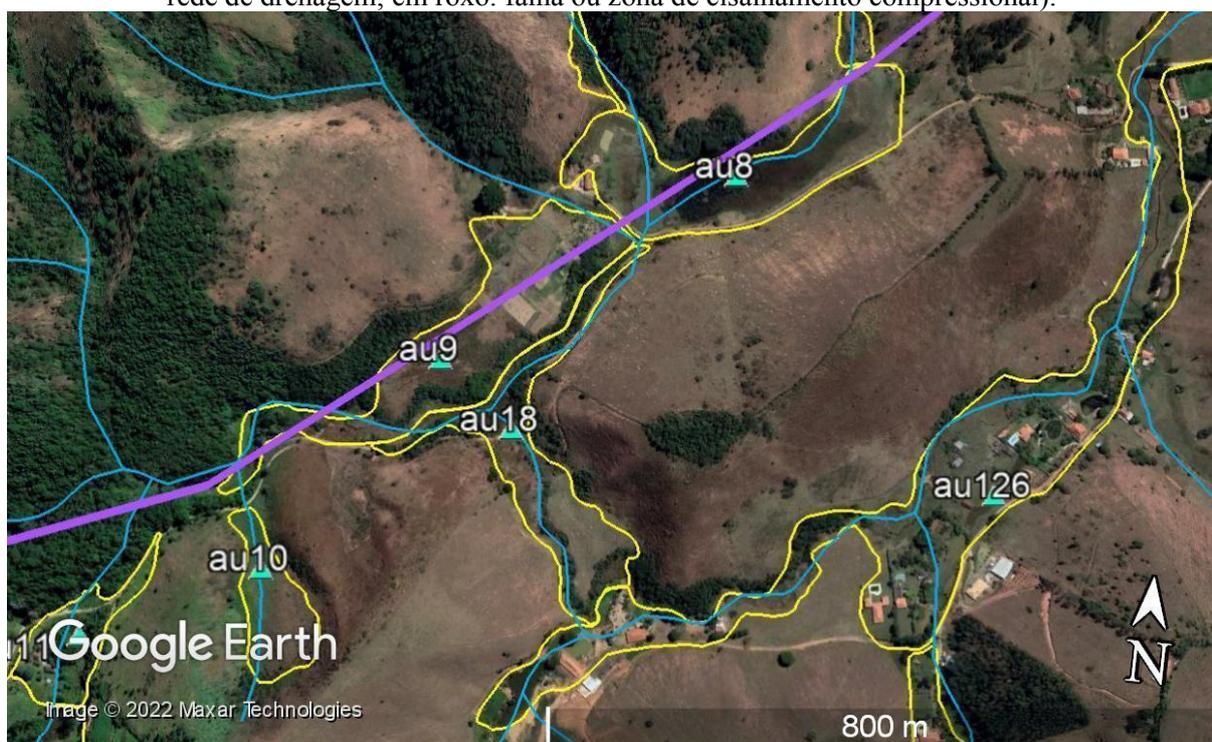
Presumivelmente, esta tendência de sentido das estruturas e lineamentos longos possivelmente deriva da “reativação da zona de cisalhamento do Paraíba do Sul (ENE-WSW), gerando uma série de meio-grabens isolados por falhas NNE-SSW” (SAADI et al, 2005). Lineamentos mais curtos (<700m) também se concentram no interior e nos interflúvios das cabeceiras, mas de forma ortogonal (NNW-SSE e NW-SE) àqueles dispostos no vale principal, levantando a possibilidade das feições retilíneas e de menor comprimento serem consideradas como produtos secundários dos esforços tectônicos. De maneira geral, esta tendência de sentido de falhas é levantada por Tupinambá, Teixeira e Heilbron (2012) como sendo comum em áreas situadas sobre a Província Mantiqueira (via de regra, são sentidos intrínsecos de falhas em toda a Faixa Ribeira). A justaposição entre algumas das zonas de maior densidade de AUs e de lineamentos de relevo na bacia também ilustra a tendência de sentidos supracitada, reforçando a suspeita de intensa ação morfogenética endógena no relevo local e sua interrelação com a origem de AUs

O controle estrutural na área estudada pode ser sugerido pela coincidência espacial entre as falhas e trechos retilíneos do curso principal e de seus afluentes de primeira ordem, em

especial aqueles supracitados, originados nas cabeceiras de drenagem, e outros de maior hierarquia, dispostos em sentido SSE-NNW.

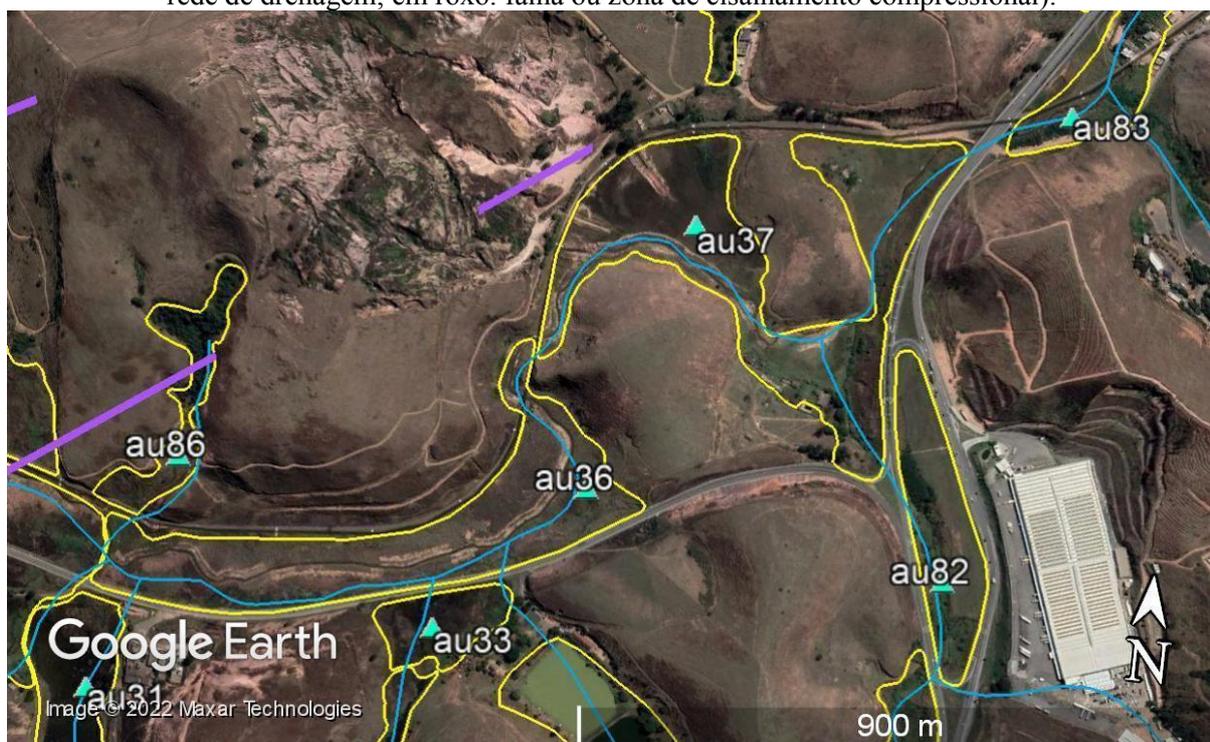
A presença de “cotovelos” e inflexões de drenagem (Figuras 24 e 25) e as confluências de aproximadamente 90° sugerem mudanças abruptas de velocidade do fluxo dos cursos (WEBBER; GREATER, 1966; LIU; LI; FAN, 2012); conseqüentemente, também ocorrem modificações no regime de acúmulo de água e sedimentos. Tais características retilinizadas, destoantes do restante do padrão de drenagem predominante (dendrítico) (CHRISTOFOLETTI, 1980; COELHO NETTO, 2003), também podem vir a ser associadas com o controle estrutural (CHARLTON, 2007).

Figura 24 – “Cotovelos” de drenagem sobre AU8, AU9, AU18 e AU126 (em amarelo: AUs; em azul: rede de drenagem; em roxo: falha ou zona de cisalhamento compressional).



Fonte: Google Earth Pro (2021); elaborado pela autora (2021).

Figura 25 – “Cotovelos” de drenagem e gargantas entre AU36 e AU37 (em amarelo: AUs; em azul: rede de drenagem; em roxo: falha ou zona de cisalhamento compressional).

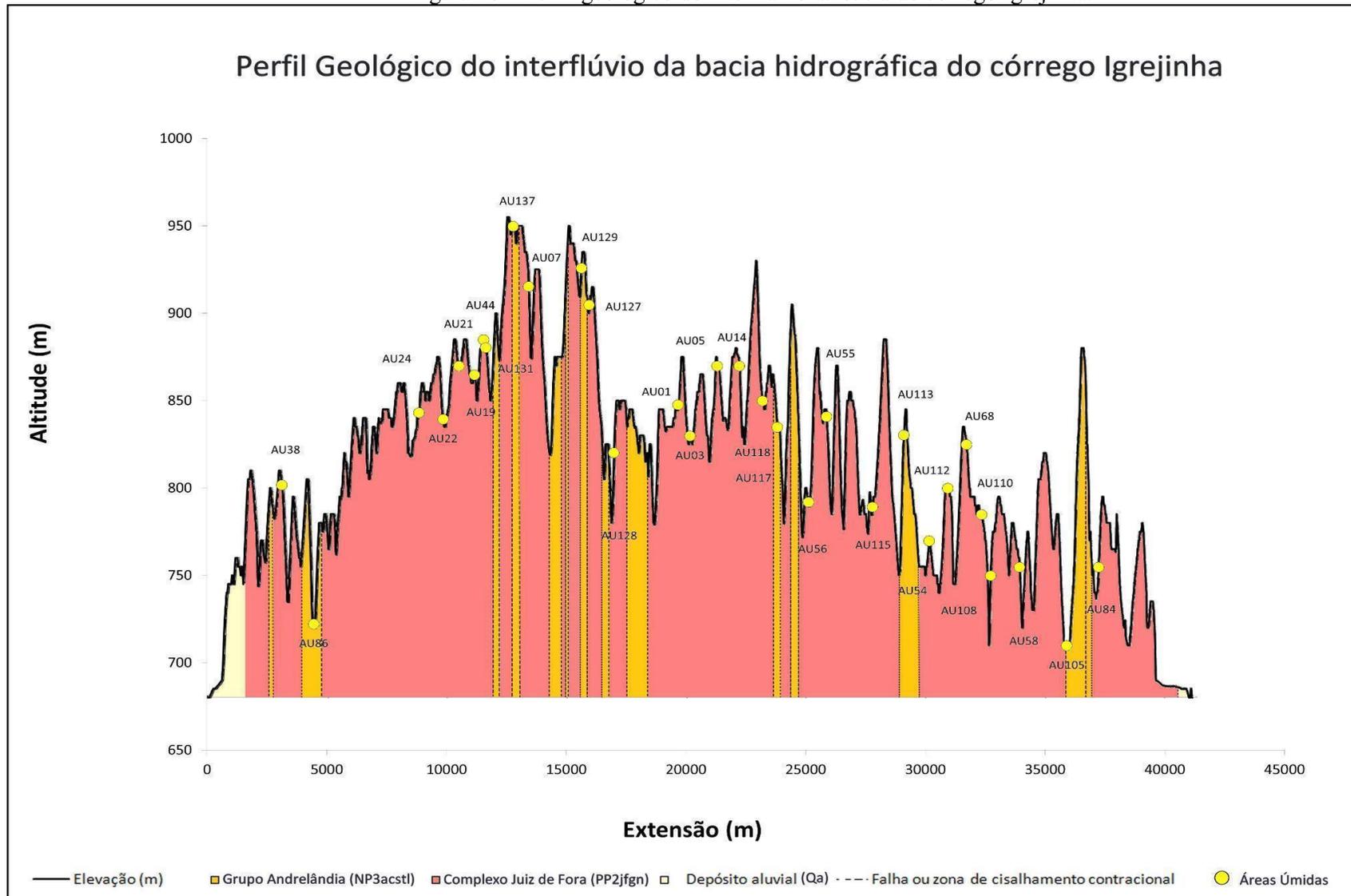


Fonte: Google Earth Pro (2021); elaborado pela autora (2021).

A questão morfoestrutural também pode ser pressuposta a partir da observação de uma tendência de "rebaixamento" dos topos de determinadas cabeceiras (colos interfluviais). Em razão da proximidade das mesmas com as zonas de cisalhamento, sugere-se que podem ocorrer (ou estarem ocorrendo) processos de captura fluvial (BISHOP, 1995) no contexto do interflúvio entre as bacias do córrego Igrejinha e do ribeirão Espírito Santo; esta, limítrofe ao Norte e Noroeste da bacia do Igrejinha. As anomalias de drenagem em planta atestam essa possibilidade.

Dada a existência de algumas das AUs no interflúvio da bacia – muitas estando situadas, inclusive, nas seções rebaixadas do mesmo – entende-se que a origem de parte delas pode estar indiretamente relacionada com as falhas que cortam os limites interfluviais ou que se encontram próximas ao divisor de águas (Figura 26).

Figura 26 – Perfil geológico do interflúvio da bacia do córrego Igrejinha.



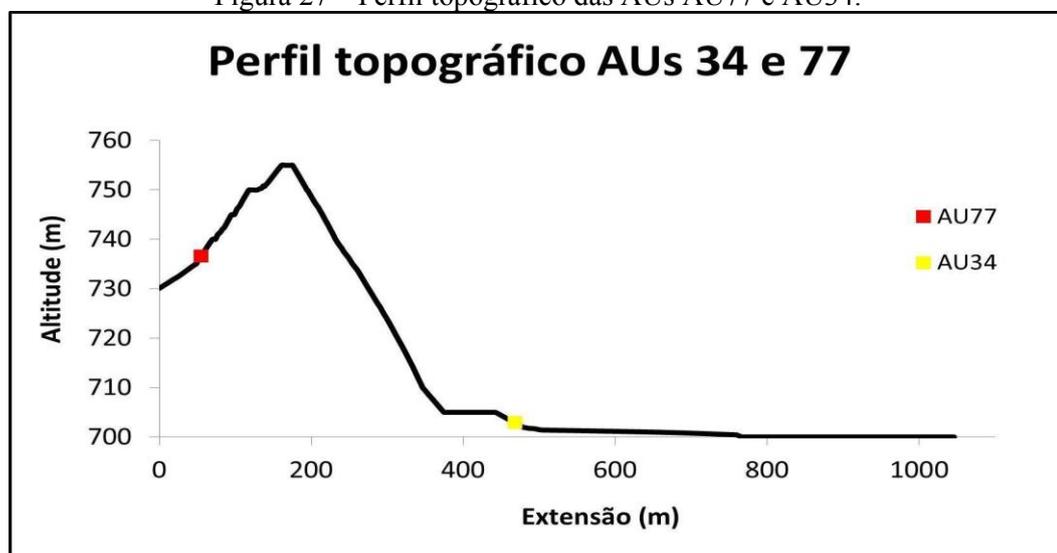
Fonte: CODEMIG (2014); Dados primários.

Em AUs situadas em colos interfluviais mais profundos (considerando o “confinamento” destes colos), como AU03, AU22, AU56, AU86, AU105, AU127, AU129 e AU137, é notável a proximidade com estruturas e falhas. Isto pode representar um forte fator de maior desnudação geoquímica e perda de material do regolito (COELHO NETTO, 2003; FELIPPE et al, 2022).

Ademais, por se situarem em partes mais erodidas e aprofundadas do interflúvio, acabam por favorecer a concentração de runoff e o acúmulo de colúvio, proveniente sobretudo das partes mais elevadas das vertentes de cabeceiras. Sedimentos aluviais podem ser transportados pelos canais de primeira ordem ali presentes, além dos fluxos subsuperficiais e da ascensão do nível freático (GUIMARÃES; FELIPPE, 2021).

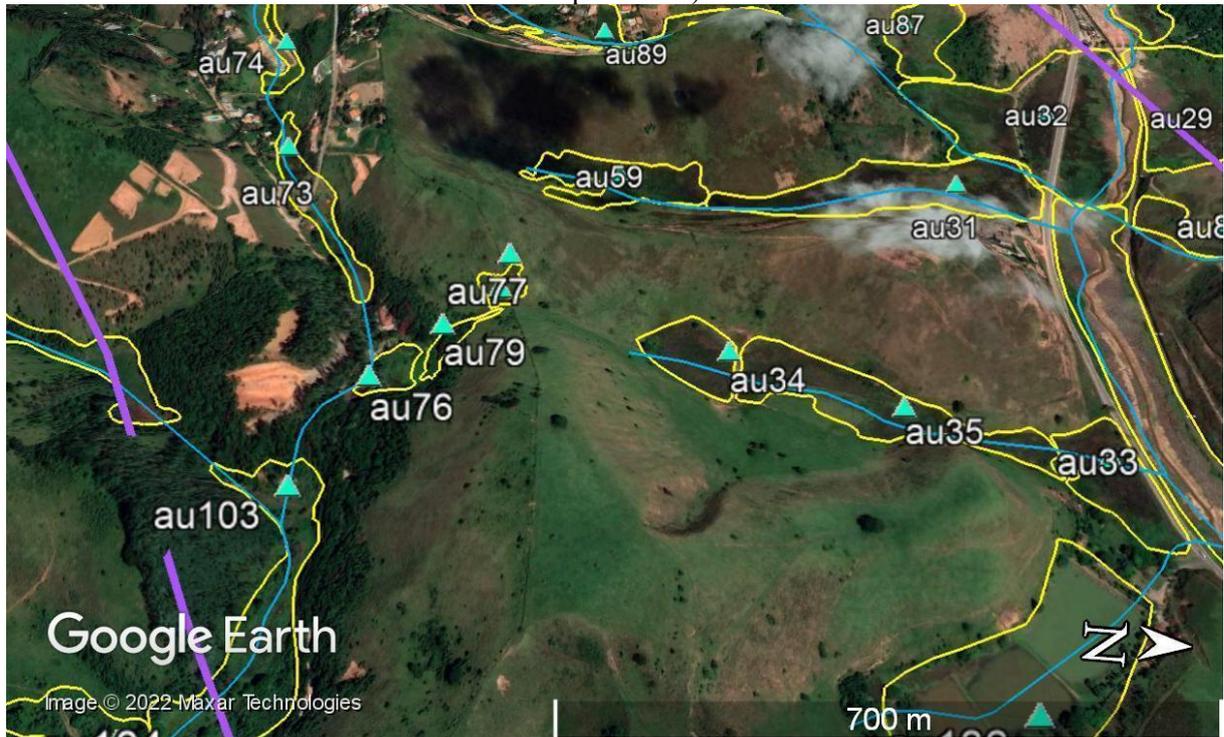
Assim, juntamente com o cenário supracitado, os perfis topográficos de algumas das AUs situadas nestas zonas rebaixadas (ou em demais divisores em rebaixamento no interior da bacia) sugerem a ocorrência de capturas fluviais, conexões das superfícies úmidas que podem surgir mesmo em locais declivosos, como na AU77 em interação com a AU34 (Figuras 27 e 28). Tais capturas insinuam que podem se tratar de processos em andamento, uma vez que o rebaixamento interfluvial das cabeceiras que ligam duas AUs nestas situações não apresenta um grau elevado de evolução; em outras palavras, ainda não há conexões entre as planícies de bacias ou sub-bacias distintas, apesar de que há indicações de que tais modificações paisagísticas podem ocorrer.

Figura 27 – Perfil topográfico das AUs AU77 e AU34.



Fonte: Elaborado por Rogério Rodrigues de Barros (2021).

Figura 28 – Visão oblíqua do possível rebaixamento de cabeceira e processo de conexão entre AU77 e AU34 (em amarelo: AUs; em azul: rede de drenagem; em roxo: falha ou zona de cisalhamento compressional).

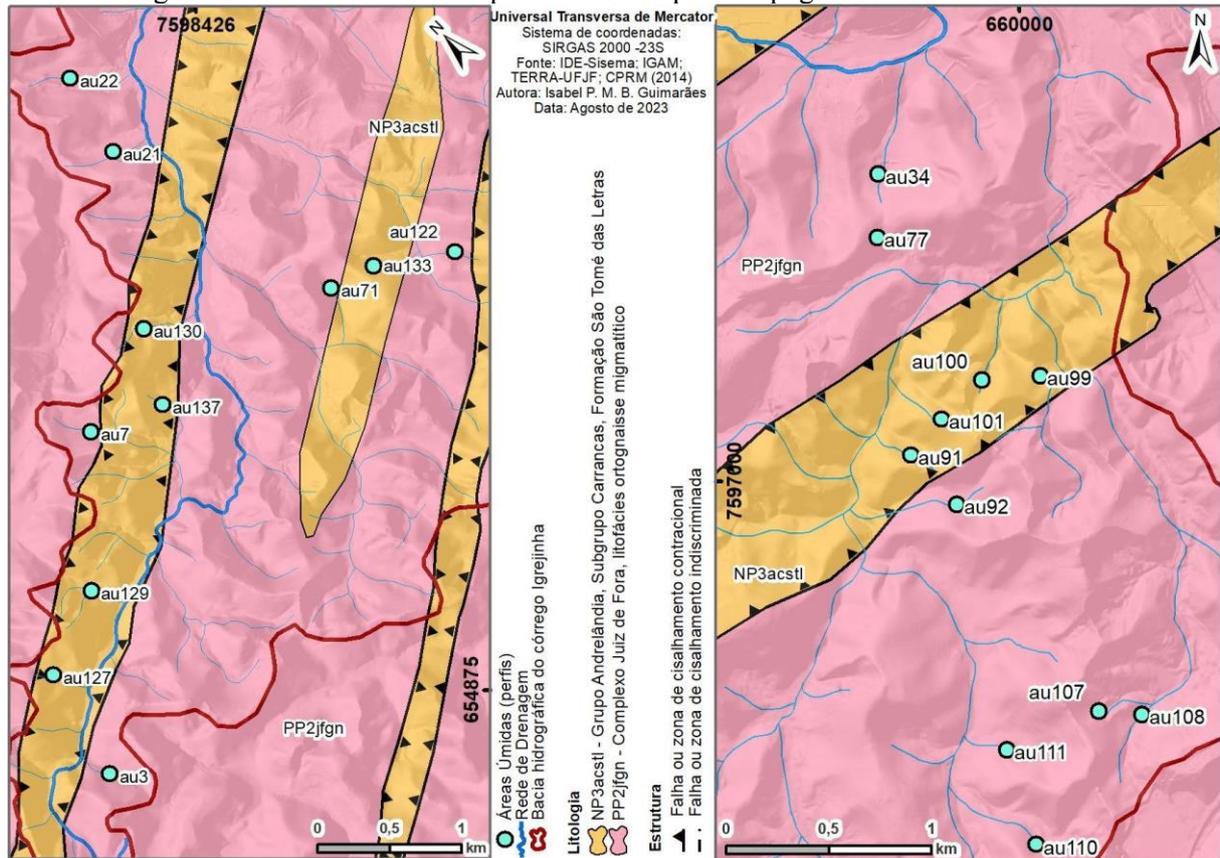


Fonte: Google Earth Pro (2021); elaborado pela autora (2021).

Desta forma, somando as coincidências espaciais de falhas, manifestações de caráter tectono-estrutural no relevo e na drenagem e a frequência da localização de AUs em locais muito possivelmente submetidos ao controle estrutural, assume-se que aspectos morfoestruturais e morfotectônicos desempenham papéis significativos na gênese das AUs inseridas em contextos geomorfológicos e ambientais como os do recorte espacial pesquisado.

Foram gerados 22 perfis topográficos de AUs em cabeceira, localizados em duas distintas partes da bacia (Figura 29). Estes perfis foram agrupados em quatro subgrupos que se situam em diferentes setores da bacia: subgrupos 1 (AU03, AU07, AU21, AU22, AU127, AU128, AU129, AU130, AU137), 2 (AU34, AU77, AU91, AU92, AU99, AU100, AU101) e 3 (AU71, AU122, AU133).

Figura 29 – AUs selecionadas para análise de perfis topográficos internos à bacia.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Entende-se que a seleção destas AUs teve suas amostragens baseadas nas zonas de maior densidade de AUs (definidas por Kernel) e as maiores ou menores possibilidades de influência de falhas, contatos líticos e zonas de cisalhamento mapeadas. Também foram consideradas as características fisiológicas e fisiográficas de cada uma (Quadro 11):

Quadro 11 – Características fisiológicas e fisiográficas das AUs incluídas na análise topográfica interna à bacia.

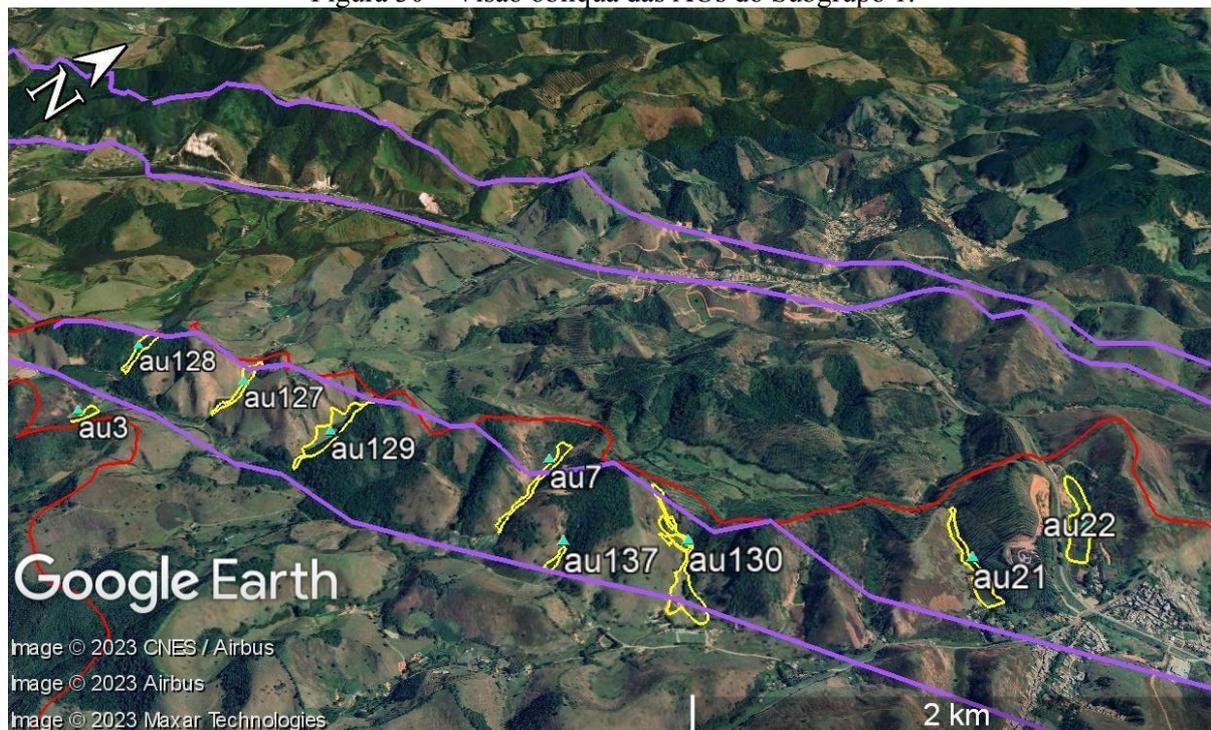
FISIOGRAFIA: BHCI									
AU	Classes (Tipologia)	Elevação (m)	Direção de fluxo	Unidade geológica	Uso da terra	Forma	Espelho d'água	Influência de estrutura	Ação antrópica
003	Depressão/Encosta	795	NW	PP2jfgn	Campestre	Arredondada	Sim	Provável	Não perceptível
007	Depressão/Encosta	794	SE	NP3acstl	Florestal	Alongada	Não	Provável	Não perceptível
021	Depressão/Encosta	734	SE	PP2jfgn	Pastagem	Alongada	Sim	Provável	Sim
022	Depressão/Encosta	746	SE	PP2jfgn	Área descoberta	Alongada	Sim	Provável	Sim
034	Depressão/Encosta	723	N	PP2jfgn	Pastagem	Arredondada	Não	Provável	Sim
071	Depressão/Encosta	776	SW	PP2jfgn	Campestre	Arredondada	Sim	Improvável	Sim
077	Depressão/Encosta	763	SE	PP2jfgn	Pastagem	Arredondada	Não	Provável	Sim
091	Depressão/Encosta	735	NW	NP3acstl	Campestre	Alongada	Não	Provável	Sim
092	Depressão/Encosta	751	W	PP2jfgn	Campestre	Alongada	Não	Provável	Sim
099	Depressão/Encosta	725	SE	NP3acstl	Campestre	Alongada	Não	Provável	Não perceptível
100	Depressão/Encosta	745	NE	NP3acstl	Campestre	Alongada	Não	Provável	Não perceptível
101	Depressão/Encosta	770	NW	NP3acstl	Área descoberta	Alongada	Não	Provável	Sim
107	Depressão/Encosta	773	L	PP2jfgn	Florestal	Arredondada	Não	Improvável	Não perceptível
108	Depressão/Encosta	759	NE	PP2jfgn	Florestal	Arredondada	Não	Improvável	Não perceptível
110	Depressão/Encosta	788	NW	PP2jfgn	Florestal	Alongada	Não	Improvável	Não perceptível
111	Depressão/Encosta	764	NW	PP2jfgn	Campestre	Alongada	Não	Provável	Não perceptível
122	Depressão/Encosta	753	NW	PP2jfgn	Área descoberta	Arredondada	Sim	Provável	Não perceptível
127	Depressão/Encosta	766	SE	NP3acstl	Campestre	Alongada	Não	Provável	Sim
128	Depressão/Encosta	774	SE	NP3acstl	Florestal	Alongada	Não	Provável	Sim
129	Depressão/Encosta	758	SE	NP3acstl	Campestre	Alongada	Não	Provável	Não perceptível
130	Depressão/Encosta	739	SE	NP3acstl	Florestal	Alongada	Sim	Provável	Sim
133	Depressão/Encosta	754	SE	NP3acstl	Campestre	Alongada	Não	Provável	Não perceptível
137	Depressão/Encosta	757	SW	NP3acstl	Campestre	Arredondada	Não	Provável	Não perceptível

Fonte: Elaborado pela autora (2023)

5.2.1 Subgrupo 1 (AU03, AU07, AU21, AU22, AU127, AU128, AU129, AU130, AU137)

As AUs do subgrupo 1 se situam – em sua maioria – no interflúvio à Oeste/Noroeste da bacia ou em seus arredores imediatos (Figura 30). Caracterizam-se, primordialmente, pelo estabelecimento de hidrossistemas em cabeceiras rebaixadas ou em aparente processo de rebaixamento. Majoritariamente localizadas na margem esquerda do córrego Igrejinha (com exceção da AU3), é notória a grande frequência de confluências ortogonais entre o rio principal e os cursos d'água de primeira ordem que descendem das cabeceiras em que estas AUs estão.

Figura 30 – Visão oblíqua das AUs do Subgrupo 1.



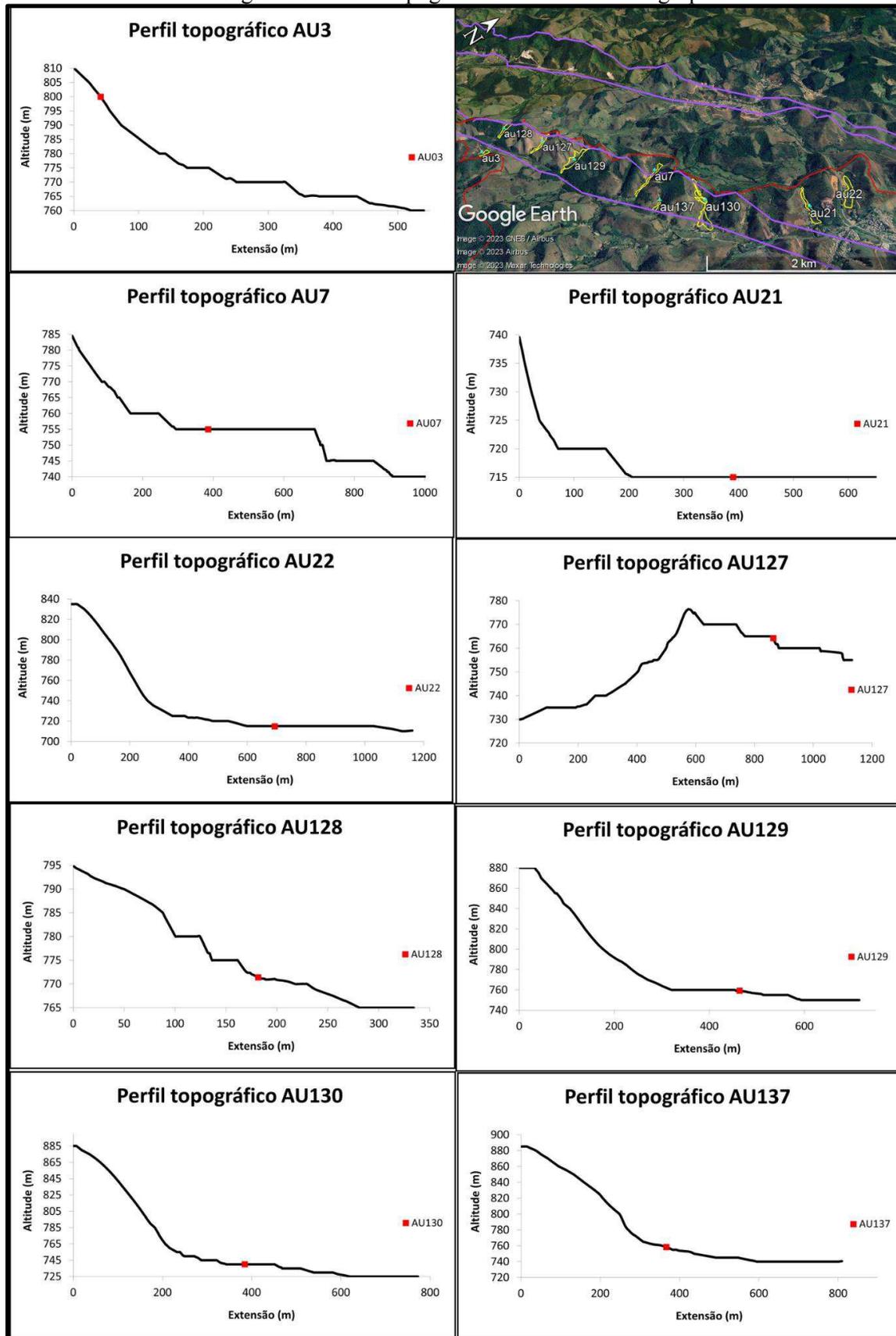
Fonte: Google Earth Pro (2023); Elaborado pela autora (2023).

Esta frequência confere à rede de drenagem um aspecto retangular nestes trechos, representando um maior acúmulo sedimentar e de água nas confluências supracitadas e nas AUs, muito em função da redução brusca de energia do transporte da água e dos processos erosivos ocorrentes na margem direita (supostamente basculada ou em basculamento) em direção à margem esquerda.

Ao mesmo tempo, as AUs deste conjunto se encontram todas sob influência das zonas de cisalhamento contracional, de modo a compor uma zona de transição entre litologias de diferentes graus de resistência ao intemperismo químico. Assim, seria possível compreender parcialmente as questões levantadas sobre rebaixamento de cabeceiras em “sequência” e a ocorrência de cotovelos no córrego principal, especialmente entre AU7 e AU137.

Em seus perfis, particularmente, AU21 e AU22 apresentam “recuos” maiores em seus respectivos *hollows*. Isto pode estar atrelado a processos de remoção e deposição tecnogênica, incluindo a construção de açudes e estradas ou acessos vicinais, além de loteamentos – que contribuem de forma conjunta para a contenção dos sedimentos e da água ali presentes (Figuras 31 e 32).

Figura 31– Perfis topográficos das AUs do Subgrupo 1.



Fonte: Elaborado por Rogério Rodrigues de Barros (2022); Elaborado pela autora (2023).

Figura 32 – AU21 e AU22.



Fonte: Isabel P. M. B. Guimarães.

5.2.2 Subgrupo 2 (AU34, AU77, AU91, AU92, AU99, AU100, AU101)

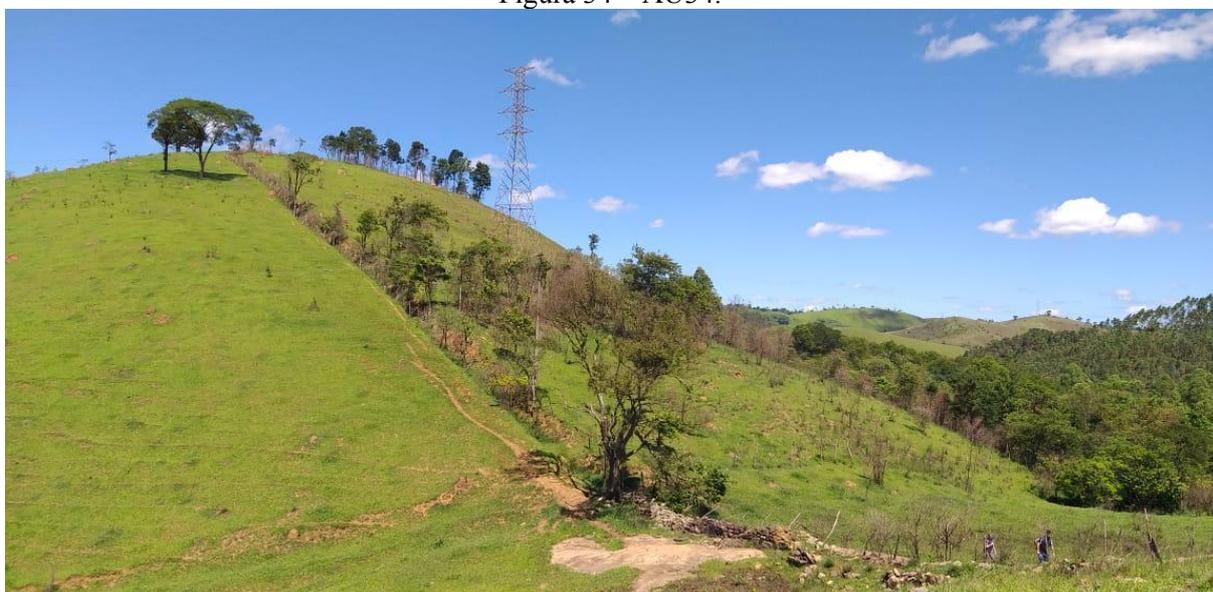
No caso das AUs 34 (Figura 33) e 77 (Figura 34), peculiarmente, trata-se de uma nascente que aparentemente ressurgue e drena para duas bacias; a água exfiltrada na AU77 e nas AUs próximas a ela (AU78 e AU79) entram para o solo e acabam por ressurgir na AU34, do outro lado do interflúvio; enquanto isso, concomitantemente, entende-se que pode estar ocorrendo um processo de rebaixamento da vertente/do perfil em que ambas (AU77 e AU34) se situam. Dentre os fatores que podem influenciar em tal processo, se faz possível destacar: a ocorrência de esforços tectônicos perpendiculares/ortogonais às falhas próximas, o desgaste por erosão dos gnaisses que baseiam as formas deste perfil. O fato de haver uma possível ressurgência da água acima da AU34 também poderia estar conectado com a erosão supracitada, tanto em causa quanto em consequência - o desgaste progressivo da base do regolito e das rochas ali presentes pode se dar pela passagem contínua da água, assim como o transporte de sedimentos de uma AU para a outra que está abaixo (no caso, da AU77 em direção à AU34).

Figura 33 – AU77.



Fonte: Miguel Fernandes Felipe.

Figura 34 – AU34.



Fonte: Lídia Aparecida dos Reis.

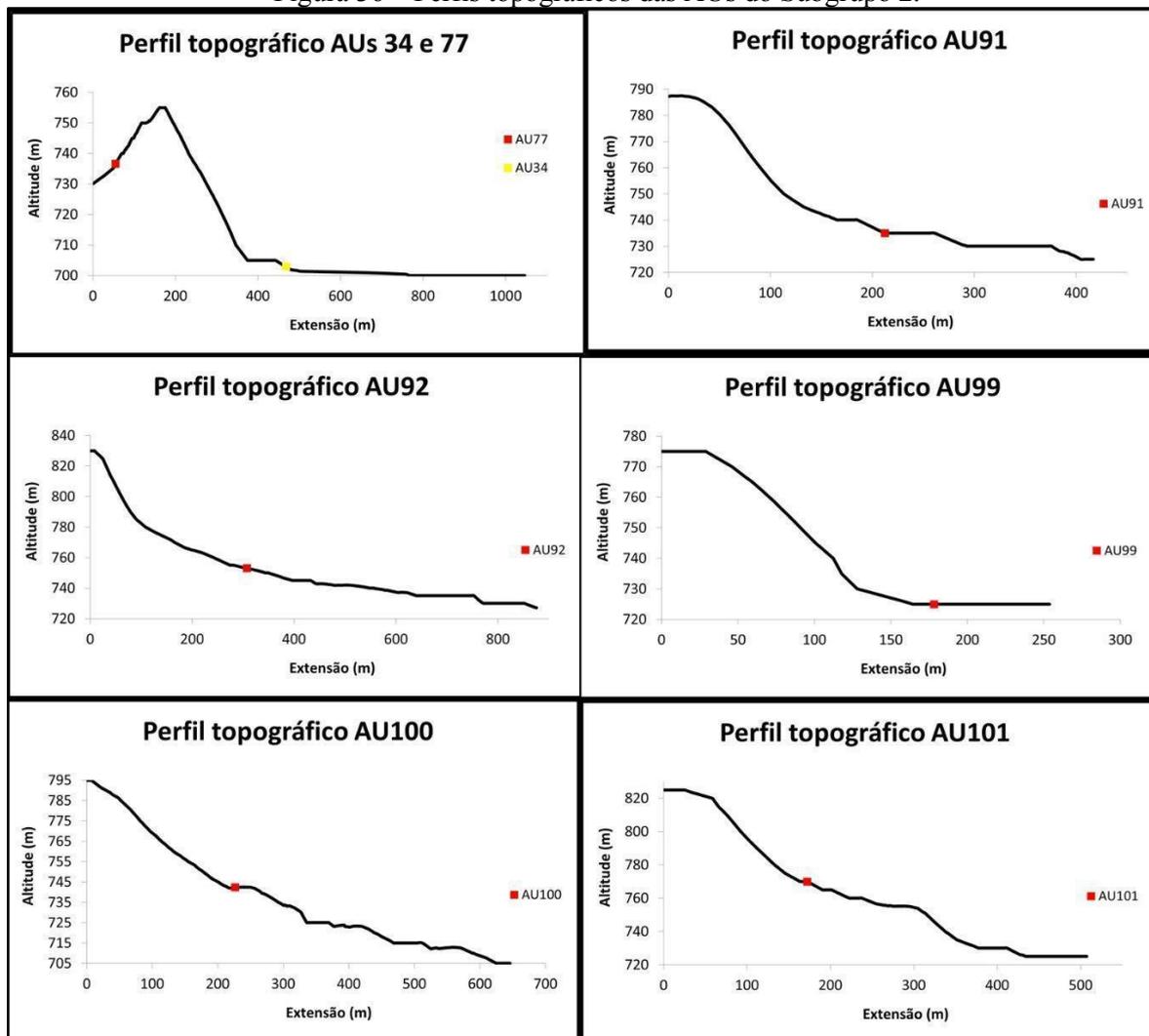
Localizadas em *hollows* relativamente elevados (em comparação com os vales adjacentes), as AU91, AU92, AU99, AU100 e AU101 (Figuras 35 e 36) apresentam rebaixamentos e perdas de materiais nos topos de suas respectivas cabeceiras, que são próximas e praticamente contínuas.

Figura 35 – Visão oblíqua das AUs do Subgrupo 2.



Fonte: Google Earth Pro (2023); Elaborado pela autora (2023)

Figura 36 – Perfis topográficos das AUs do Subgrupo 2.



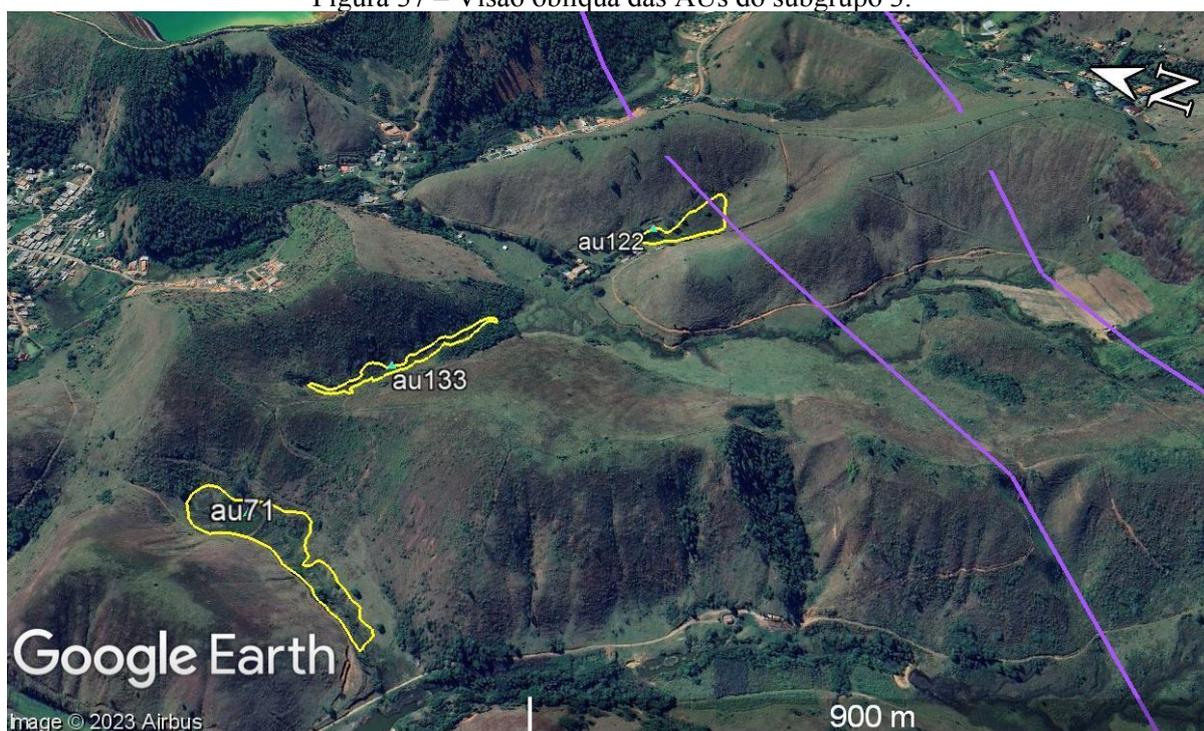
Fonte: Elaborado por Rogério Rodrigues de Barros (2022); Elaborado pela autora (2023).

A perda de material, aqui, não se atém somente a fatores hidrogeomorfológicos e morfoestruturais, mas também à remoção dos sedimentos e da cobertura vegetal próxima ao topo da cabeceira da AU101. A ação antrópica de degradação (PELOGGIA, 2017) pode ter induzido a maior perda de material no local modificado e exposto, facilitando a erodibilidade pela água do escoamento superficial e a sua consequente promoção da desagregação mecânica do regolito.

5.2.3 Subgrupo 3 (AU71, AU122, AU133)

Situadas na transição de litologias de gnaiss (AU122) para quartzito (AU71 e AU133) (Figura 37), elas drenam para direções bem distintas (AU71 - SW, AU122 - NW, AU133 - SE).

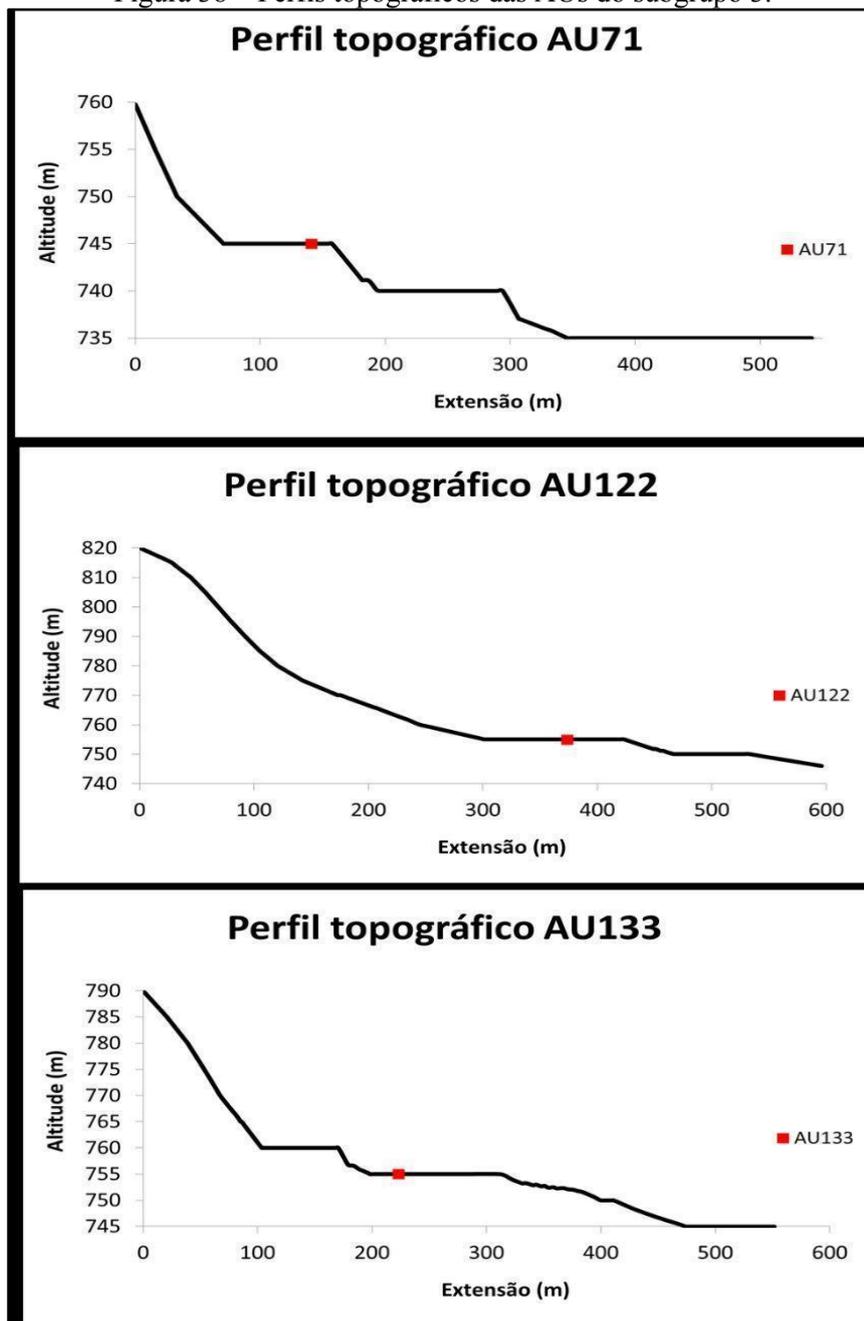
Figura 37 – Visão oblíqua das AUs do subgrupo 3.



Fonte: Google Earth Pro (2023); Elaborado pela autora (2023)

Demonstram dois tipos de conectividades/continuidade da unidade; o primeiro, entre AU71 e AU133, é dado pelo rebaixamento da cabeceira, considerando a perda de material no topo do divisor de águas entre as duas e a provável ascensão do nível freático ou ressurgência de fluxo mais alta para a mais baixa. O segundo tipo pode estar mais diretamente ligado ao contato lítico, uma vez que ambas as AUs apresentam altitudes próximas e trajetórias de fluxo opostas, em um “vale” em aparente processo de abertura (Figura 38).

Figura 38 – Perfis topográficos das AUs do subgrupo 3.



Fonte: Elaborado por Rogério Rodrigues de Barros (2022); Elaborado pela autora (2023)

Neste cenário, considerariam-se o aumento de energia nos processos erosivos de cabeceiras (AU71 e AU133) e a subsequente pirataria fluvial com a formação de um novo vale a partir do fluxo proveniente da AU122. Posteriormente, o “novo vale” poderia apresentar queda de energia e pouco transporte de água e sedimentos - promovendo, assim, a estagnação da água às margens de um novo trecho da drenagem.

5.2.4 Subgrupo 4 (AU107, AU108, AU110, AU111)

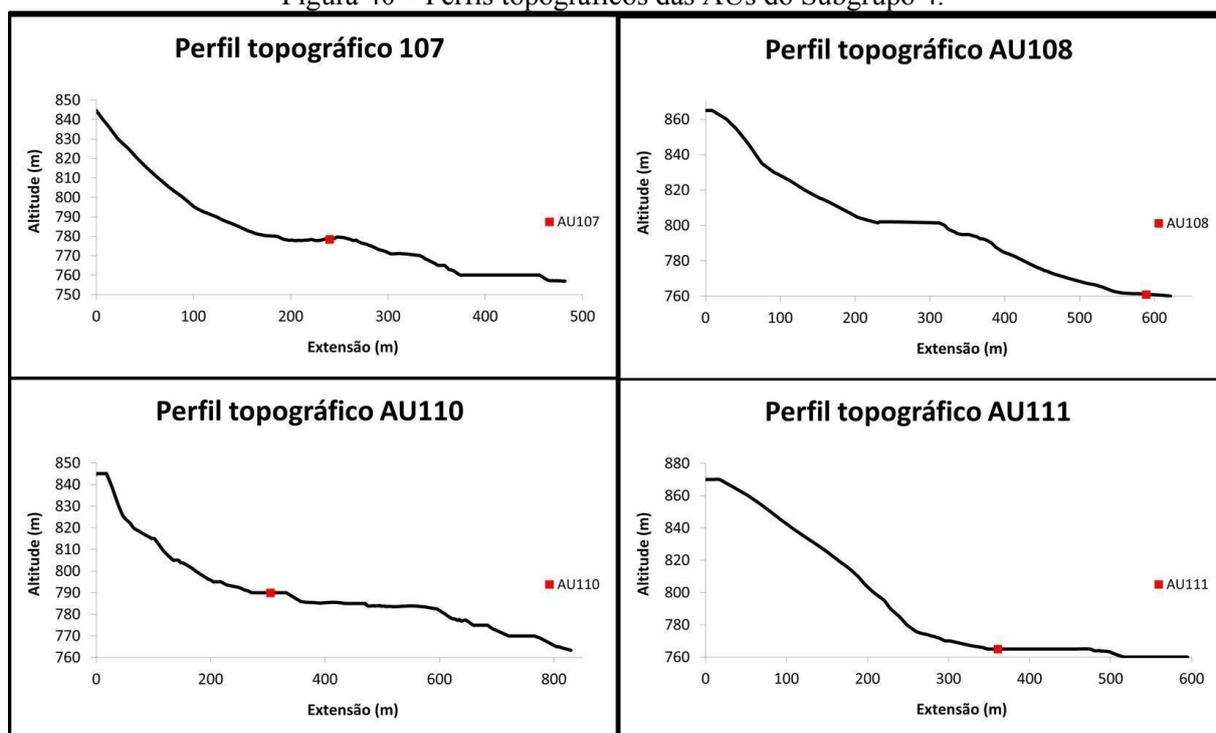
Distantes da influência morfoestrutural mais direta, este conjunto exibe maior protagonismo dos processos hidrogeomorfológicos de vertente por si só. A pouca altura do divisor entre AU107 e AU108 (Figura 39) e a presença de sulcos em abertura (erosão linear) em todas as cabeceiras demonstra a predominância da água de escoamento superficial na perda de materiais colúvio-aluviais, corroborando com a tendência mostrada nos perfis (Figura 40).

Figura 39 – Visão oblíqua das AUs do subgrupo 4.



Fonte: Google Earth Pro (2023); Elaborado pela autora (2023)

Figura 40 – Perfis topográficos das AUs do Subgrupo 4.



Fonte: Elaborado por Rogério Rodrigues de Barros (2022); Elaborado pela autora (2023).

Nota-se que, pelo afloramento em cotas próximas e por seus perfis apresentarem conformações semelhantes, as AUs do Subgrupo 4 aparentam ter suas gêneses e processos de rebaixamento estreitamente atrelados à ascensão do nível freático nesta zona próxima ao interflúvio da bacia. O escoamento subsuperficial favorecido pelas vertentes do divisor de águas também entra como fator colaborador para a formação destas AUs.

De maneira geral, o perfil das AUs detectadas e estudadas na bacia passa por AUs com as seguintes características:

- i. sob provável influência de estruturas, tal como falhas e zonas de cisalhamento;
- ii. de formato alongado;
- iii. com significativa probabilidade de exfiltração de água;
- iv. sob influência de ações antrópicas;
- v. situadas sobre áreas de uso tipicamente rural (campestre, florestal ou pastagem) ou em áreas descobertas.

Pôde-se inferir, de fato, que a maior parte das AUs em cabeceira observadas e analisadas em perfil apresenta influência morfoestrutural em suas formações e processos de evolução. Isso pode se dar de forma mais direta (nos efeitos das estruturas sobre as formas de erosão e alimentação das AUs) assim como de maneiras mais indiretas (mais correlatas aos processos de rebaixamento de vertentes, migração de drenagem). De qualquer forma, entende-

se que os processos de sedimentação e estagnação das superfícies pela água nas AUs da bacia aparentam estar estritamente ligados a atividades tectônica e estrutural – sobretudo no que tange às origens das AUs em cabeceira.

5.3 REFLEXÕES SOBRE A INFLUÊNCIA ANTRÓPICA NA ORIGEM DE AUS

Para além de fatores tocantes às formas de relevo “originais” ou “naturalmente modeladas”, nota-se uma concentração significativa de AUs inseridas no contexto do baixo curso do córrego Igrejinha, a cerca de um quilômetro da foz; o aumento da largura da planície àquela altura, assim como as interferências tecnogênicas (como a BR-267, que tangencia o curso d’água em determinados trechos) acabam por reduzir a energia do fluxo. Por conseguinte, a eficiência do transporte de materiais é reduzida, favorecendo a deposição de sedimentos e a retenção de água — seja pela própria dinâmica de inundação da planície, seja pelas alterações antrópicas, como feições construídas no relevo em escala local (PELOGGIA, 2018), por exemplo.

Tais elementos artificiais (como estradas pavimentadas ou de terra, áreas cercadas para pecuária ou terraceamentos) alteram a distribuição de água e, conseqüentemente, a distribuição de materiais transportados. Desta maneira, como exemplo, aterros podem reter água tal como diques e seções superficiais escavadas podem se comportar como formas agradacionais (Figura 41). Ambas as “novas morfodinâmicas” são passíveis de contribuir tanto para o acúmulo de água quanto para a intensificação da alimentação de água para a superfície (com a ascensão do nível freático por meio de uma perfuração/escavação ou da exposição de uma nascente) Ressalta-se, porém, que as AUs estudadas não foram datadas, de forma que não há como saber com precisão se elas já existiam antes do advento das intervenções antrópicas.

Figura 41– Áreas úmidas AU28 (acima) e AU36 (abaixo) no âmbito da bacia hidrográfica do córrego Igrejinha.⁶



Fonte: Miguel Fernandes Felipe (2019).

Levanta-se também o questionamento sobre a possibilidade de modificação dos regimes de alimentação e manutenção das AUs em função da agência humana, no que é relativo à alteração das AUs enquanto habitat para espécies vegetais higrófilas e hidrófitas: aterros e remobilização de sedimentos em geral (como escavação e compactação mecânica dos horizontes superficiais do solo), chuvas ácidas (via precipitação de águas modificadas por materiais particulados) e depósitos de materiais sintéticos (especialmente substâncias químicas apolares, como óleo de motor, silicones insolúveis em água ou alguns insumos industriais e metalúrgicos) podem ser capazes de afetar a oxigenação e aeração do solo, por exemplo. Por

⁶ As setas em amarelo representam a direção do escoamento superficial, enquanto as formas ovais em vermelho indicam as superfícies de agradação fluvial.

consequente, a permeabilidade, porosidade e capacidade de infiltração e escoamento do solo poderiam ser alteradas, além de – *lato sensu* – a química do solo; a inserção de tais materiais e os danos ambientais nos sistemas poderiam ser passíveis de afetar a gênese de futuras AUs em maior ou menor grau, além de colocarem em xeque a manutenção daquelas preexistentes, sobretudo pelas mudanças diretas de alimentação por água e sedimentos – como em Guimarães e Felipe (2021; 2022).

Traz-se aqui a discussão a respeito da inserção do ser humano como agente morfodinâmico e morfogenético — e/ou, ao menos, integrante dos sistemas da paisagem, não sendo visto de forma distante e separada dos meios naturais; como em Eduardo, Silva e Felipe (2019), um agente geomorfológico, de maneira geral. Entende-se que o cenário estudado é passível de entendimento sob a ótica da morfogênese antrópica de hidrossistemas (FELIPPE et al, 2013). Algumas áreas úmidas, inclusive, poderiam ser resultantes das modificações de ordem antropogênica, dadas as condições topográficas das novas formas, as quais podem favorecer a saturação superficial - condição *sine qua non* para a gênese de AUs.

As expansões de determinadas AUs, supostamente, poderiam também ser atreladas à mesma lógica de alimentação e retenção (a título de exemplo, por meio do aumento do escoamento lateral de água nas estradas, alimentando e expandindo AUs adjacentes às vias), como observado em Guimarães e Felipe (2022).

Todavia, sinaliza-se que o aterramento e a obliteração de AUs podem dificultar os processos preestabelecidos de sedimentação e estagnação de água. Similarmente às nascentes (quando estas são destruídas ou desviadas para a alimentação de barragens ou reservatórios), construções em encostas ou em baixadas aterradas podem contribuir para a perda de alimentação de água das AUs. Assim, tem-se a possibilidade da seca artificial (fora da época de menor precipitação) destes ambientes a curto prazo.

5.4 SÍNTESE

Nas baixadas e cabeceiras de drenagem, os níveis de umidade e o potencial de retenção de sedimentos são mantidos em função de questões topográficas ou morfológicas e da proximidade em relação a corpos d'água (PHILLIPS, 1989). Nota-se, também, a possibilidade de proximidade ao nível freático em sistemas aquíferos gravitacionais (suspensos), constituindo zonas de recarga (LENKO, 2020).

A movimentação de blocos na área, como sugerido visualmente pelos resultados dos índices FSTT e FABD, pode ser a causa que alicerça os padrões de direção de fluxo e acúmulos supracitados. A partir disso, pressupõem-se dois cenários distintos em caso de reativação das falhas que cortam a bacia: de perda (I) e de ganho (II) de energia em processos erosivos.

- I. O cenário de perda de energia dos fluxos de drenagem pode vir quando há a elevação do nível de base da bacia, promovendo: acúmulo sedimentar; diminuição do entalhe das cabeceiras; retenção da água superficial; tendências de diminuição da rugosidade do relevo e coluvionamento de sopé de vertentes.
- II. O cenário de ganho de energia da drenagem pode ocorrer em caso de rebaixamento do nível de base local, indicando uma intensificação dos processos de vertente; diminuição da deposição de sedimentos devido à maior dispersão de água; erosão remontante, com chances de exposição de rochas.

No cenário I, já é propícia a retenção de água e sedimentos, o que já coopera na formação de AUs por si só. No cenário II, a retomada erosiva em cabeceiras de drenagem acaba por interceder em vales pequenos que estejam adjacentes (principalmente em sentidos ortogonais aos fluxos provenientes das cabeceiras), ao promover o entulhamento e a agradação de sedimentos coluviais, aluviais e matéria orgânica.

Sob esta lógica, a retenção de água que se dá nos *hollows* das cabeceiras e nas planícies de vales curtos acaba por viabilizar a gênese de AUs. A questão de onde e como se dá a mudança dos níveis de base locais podem ser discutidas a partir desta questão híbrida de Hidrogeomorfologia e Geomorfologia Estrutural e Tectônica, utilizando as AUs como ponto de partida. A nível regional, crê-se que as mudanças de níveis de base tenham mais afinidade com os processos tectônicos de escala mais generalizada, ainda que entrelaçados com os processos relativos à sedimentação e à água.

Na perspectiva sistêmica, deve ser reforçada a importância de levar em consideração as inúmeras e concomitantes variáveis que constituem as paisagens; sejam seus elementos, os processos que os envolvem ou todas as partes ao mesmo tempo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se inferir que o condicionamento da existência de áreas úmidas, assim como dos demais integrantes da paisagem, passa pelas relações de formas, elementos (bióticos e abióticos) e por seus consequentes processos. Destarte, compreende-se que fatores ambientais de natureza hidrogeomorfológica — interações de fluxos materiais com a configuração topográfica, comportamento da água e adjacências — auxiliam nas tentativas de levantar questionamentos a respeito de associações da gênese de áreas úmidas no contexto geomorfológico da área estudada.

A ação antrópica, presente em toda a área estudada (em maior ou menor escala), deve ser levada em consideração para a compreensão das AUs, uma vez que a influência das ações propriamente ditas ou de seus produtos (materiais e formas de relevo tecnogênicas) afeta diretamente as questões morfodinâmicas dos ambientes. As AUs, enquanto componentes da paisagem, estão em constante interação com os elementos que as cercam; o intercâmbio de matéria e energia que envolve os hidrossistemas e seus arredores inclui, necessariamente, a contemplação do que é inerente às atividades humanas e suas devidas repercussões nos sistemas ambientais. Como discutido, modificações do relevo, do solo e do ar atmosférico podem ser (e provavelmente são) capazes de motivar mudanças também nos regimes de escoamento e acúmulo de água na superfície e na subsuperfície, de maneira direta ou indireta.

Os aspectos de ordem morfoestrutural e morfotectônica se mostraram cruciais para a compreensão da morfologia das AUs em si e de seus contextos geomorfológicos; o relevo e a hidrografia local, sob possível controle estrutural, se adaptaram e continuam se adaptando ao longo do tempo às ações dos agentes morfogenéticos endógenos. Assim, é plausível que haja influência dos aspectos geológicos na origem de AUs, uma vez que estes também se mostram responsáveis pela transformação e modificação de mecanismos hidrogeomorfológicos.

Entendendo que as características da área estudada se mostram relativamente comuns a outras paisagens presentes no Tropical Atlântico, infere-se que pode ser possível assumir a discussão sobre as AUs realizada no presente trabalho para contemplação em contextos geomorfológicos e morfoclimáticos similares. Procura-se, inclusive, possibilitar a concepção de possíveis hipóteses a respeito da gênese destes sistemas em um âmbito mais amplo, considerando as características paisagísticas do domínio dos Mares de Morros (AB'SABER, 1967; 1969; 2003), guardadas as devidas proporções necessárias para interpretação e observação.

7. REFERÊNCIAS

- AB'SABER, Aziz Nacib. Domínios morfoclimáticos e províncias fitogeográficas do Brasil. **Orientação**, v. 3, n. 1, 1967.
- AB'SABER, Aziz Nacib. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. Vol. 1. **Cotia: Ateliê Editorial**, 2003
- AB'SABER, Aziz Nacib. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. **Geomorfologia**, São Paulo, v. 18, p. 1-23, 1969.
- ALVES, G. B. M.; LOVERDE-OLIVEIRA, S. M. Uso do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para Análise da Distribuição e Vigor da Vegetação no Pantanal Norte. **Geografia (Londrina)**, v. 29, n. 1, p. 175-190, 2020.
- BARROS, Rogério Rodrigues; FELIPPE, Miguel Fernandes; COSTA, Alfredo. Entre insuficiências e negligências: as políticas de proteção às nascentes e áreas úmidas no Brasil. **Revista da ANPEGE**, 2022.
- BERTALANFFY, Ludwig Von. Problems of general system theory. **Human biology**, v. 23, n. 4, p. 302, 1951.
- BERTALANFFY, Ludwig Von. The history and status of general systems theory. **Academy of management journal**, v. 15, n. 4, p. 407-426, 1972.
- BERTALANFFY, Ludwig Von. The theory of open systems in physics and biology. **Science**, v. 111, n. 2872, p. 23-29, 1950.
- BISHOP, Paul. Drainage rearrangement by river capture, beheading and diversion. **Progress in physical geography**, v. 19, n. 4, p. 449-473, 1995.
- BRASIL. **Lei nº 12651, de 25 de maio de 2012**. Brasília, DF, 25 de maio de 2012.
- BRINKMAN, Robert. **Ferrolysis, a soil-forming process in hydromorphic conditions**. Pudoc, 1979.
- BRINSON, M. M., HAUER, F. R., LEE, L. C., NUTTER, W. L., RHEINHARDT, R. D., SMITH, R. D., & WHIGHAM, D. F. **A guidebook for application of hydrogeomorphic assessments to riverine wetlands**. Washington: U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station, 1995. (Wetlands Research Program Technical Report)
- BRINSON, Mark M. (Ed.). **A Hydrogeomorphic Classification for Wetlands**. Washington: U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station, 1993. (Wetlands Research Program Technical Report)
- BRINSON, M. M., SMITH, R. D., WHIGHAM, D. F., LEE, L. C., RHEINHARDT, R. D., & NUTTER, W. L. Progress in development of the hydrogeomorphic approach for assessing the functioning of wetlands. **Wetlands for the Future**, 1998.
- CASSETI, Valter. **Geomorfologia**. Goiânia: Fundação de Apoio a Pesquisa–FUNAPE/UFG, 2005.
- CHARLTON, Rosemary. **Fundamentals of fluvial geomorphology**. Routledge, 2007.
- CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia**. Editora Blucher, 1980.
- CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Modelagem de sistemas ambientais**. Editora Blucher, 1999.

COELHO NETTO, A. L. Evolução de cabeceiras de drenagem no médio Vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ): a Formação e o crescimento da Rede de Canais sob Controle Estrutural. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 2, n. 4, p. 69-100, 2003.

CUNHA, Catia Nunes da; PIEDADE, Maria Teresa Fernandez; JUNK, Wolfgang J. **Classificação e Delineamento das Áreas Úmidas Brasileiras e de seus Macrohabitats**. Cuiabá: EdUFMT, 2015.

DJODJIC, F.; BIEROZA, M.; BERGSTRÖM, L. Land use, geology and soil properties control nutrient concentrations in headwater streams. **Science of The Total Environment**, v. 772, p. 145108, 2021.

DVORETT, D.; BIDWELL, J.; DAVIS, C. Developing a hydrogeomorphic wetland inventory: reclassifying national wetlands inventory polygons in geographic information systems. **Wetlands**, v. 32, n. 1, p. 83-93, 2012.

EDUARDO, C. C.; SILVA, T. M.; FELIPPE, M. F. TRANSFORMAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DOS BURROS (JUIZ DE FORA/MG). **REVISTA DA ANPEGE**, v. 15, p. 138-161, 2019.

ETCHEBEHERE, M. L.; SAAD, A. R.; FULFARO, V. J.; PERINOTTO, J. A. J. Aplicação do Índice "Relação Declividade-Extensão-RDE" na Bacia do Rio do Peixe (SP) para detecção de deformações neotectônicas. **Geologia USP. Série Científica**, v. 4, n. 2, p. 43-56, 2004.

FEITOSA, F.A.C.; MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 3. ed. Rio de Janeiro: CPRM; LABHIIH, 2008.

FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. M.; PESCIOTTI, H.; COELI, L. Nascentes antropogênicas: processos tecnogênicos e hidrogeomorfológicos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, n. 4, 2013.

FELIPPE, MIGUEL FERNANDES ; ALMEIDA NETO, JOSÉ OLIVEIRA; MARQUES, LUIZ OTÁVIO ; REIS, LÍDIA APARECIDA DOS ; LAPA, DIOGO PARREIRA ; MAGALHÃES JUNIOR, ANTÔNIO PEREIRA . Dinâmica geoquímica em cabeceiras de drenagem da Depressão do Paraíba do Sul: subsídios à compreensão do papel morfodinâmico de nascentes e canais de baixa ordem. **BOLETIM DE GEOGRAFIA (ONLINE)**, v. 39, p. 422-439, 2022.

FÉRES, William Medina Leite; ALMEIDA-ABREU, Pedro Angelo. Uma abordagem preliminar dos lineamentos estruturais da região noroeste da Serra do Espinhaço Meridional. **Proceedings of the XIX SBSR. Santos, Brazil**, 2019.

FERNANDEZ, C.; SPAYD, J.; BROOKS, R. P. Landscape indicators and ecological condition for mapped wetlands in Pennsylvania, USA. **Wetlands**, v. 39, n. 4, p. 705-716, 2019.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Iniciação em sensoriamento remoto**. Oficina de textos, 2007.

GOERL, Roberto Fabris; KOBAYAMA, Masato; SANTOS, Irani. Hidrogeomorfologia: princípios, conceitos, processos e aplicações. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13, n. 2, 2012.

GOLDEN, Heather E.; RAJIB, Adnan; LANE, Charles R.; CHRISTENSEN, Jay R.; WU, Qiusheng; MENGISTU, Samson. Non-floodplain Wetlands Affect Watershed Nutrient Dynamics: A Critical Review. **Environmental science & technology**, v. 53, n. 13, p. 7203-7214, 2019.

GOMES, Cecília Siman. **Bases teórico-conceituais e subsídios para a classificação hidrogeomorfológica das áreas úmidas em Minas Gerais.** 2017. 212 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Geografia, IGC, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

GOMES, Cecília Siman; MAGALHÃES JUNIOR, Antônio Pereira. Aparato conceitual sobre áreas úmidas (*wetlands*) no Brasil: Desafios e opiniões de especialistas. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 37, n. 3, p. 484-508, 2017.

GOMES, R. D.; VITTE, A. C. O Geossistema pela Complexidade: Uma releitura das Esferas Geográficas. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, v. 35, p. 15-27, 2018.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T; **Novo dicionário geológico-geomorfológico.** 6º ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 2008.

GUIMARÃES, Isabel Patrícia Martins Baêta; DIAS, Pedro Henrique Reis; FELIPPE, Miguel. Fernandes. Áreas úmidas de cabeceiras de drenagem: investigações preliminares. In: Lidriana de Souza Pinheiro; Adryane Gorayeb. (Org.). **Geografia Física e as Mudanças Globais.** 1ed. Fortaleza: UFC, 2019.

GUIMARÃES, I. P. M. B.; FELIPPE, M. F. ABORDAGEM HIDROGEOGRÁFICA DA OCORRÊNCIA E FORMAÇÃO DE ÁREAS ÚMIDAS NO DOMÍNIO DOS “MARES DE MORRO”. **Revista Espaço e Geografia**, v. 24, n. 1, 2021.

GUIMARÃES, I. P. M. B.; FELIPPE, M. F. . INFLUÊNCIA ANTRÓPICA NA FORMAÇÃO DE PEQUENAS ÁREAS ÚMIDAS. In: VIII Seminário Programa de Pós Graduação em Geografia da UFJF: Caminhos da Geografia em tempos de negação da ciência, ataques à democracia e perda de direitos, 2021, Juiz de Fora. **Anais do VIII Seminário Programa de Pós Graduação em Geografia da UFJF.** Juiz de Fora: UFJF, 2022. v. 1. p. 209-214.

GUIMARÃES, I. P. M. B; BARROS, R. R.; FELIPPE, M. F. RECONHECIMENTO E CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS ÚMIDAS NO DOMÍNIO DOS MARES DE MORRO. **Revista de Geografia-PPGEO-UFJF**, v. 12, n. Especial, p. 72-85, 2022.

HACK, John T. Stream-profile analysis and stream-gradient index. **Journal of Research of the US Geological Survey**, v. 1, n. 4, p. 421-429, 1973.

HEILBRON, M.; PEDROSA-SOARES, A.C.; CAMPOS NETO, M.; SILVA, L.C.; TROUW, R.A.J.; JANASI, V.C. A Província Mantiqueira. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R. & BRITO NEVES, B.B. (ed.). **O Desvendar de um Continente: A Moderna Geologia da América do Sul e o Legado da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida.** Editora Beca, p. 203-234, 2004.

HEIMLICH, R. E.; WIEBE, K. D.; CLAASSEN, R.; GADSBY, D.; HOUSE, R. M. **Wetlands and agriculture: private interests and public benefits.** Resource Economics Division. Economic Research Service, US Department of Agriculture, Washington, DC, USA, 1998.

HORTON, Robert E. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological society of America bulletin**, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945.

IBGE. **Manual técnico de pedologia.** Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira.** Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

IBGE. **Manual técnico de uso da terra.** Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

JACKSON, C. Rhett; THOMPSON, James A.; KOLKA, Randall K. Wetland Soils, Hydrology, and Geomorphology. In: BATZER, Darold P.; SHARITZ, Rebecca R. (ed.). **Ecology of**

Freshwater and Estuarine Wetlands. Berkeley: University Of California Press, 2014. Cap. 2. p. 23-60.

KAMINO, L. H. Y., REZENDE, É. A., SANTOS, L. J. C., FELIPPE, M. F.; ASSIS, W. L. (2019). Atlantic Tropical Brazil. In: SALGADO, A. A. R.; SANTOS, L. J. C.; PAISANI, J. C. In: **The Physical Geography of Brazil**. Springer: Cham, 2019. p. 41-73.

KÖCHY, M.; FREIBAUER, A. **Global spatial distribution of wetlands**. COCOS Report, D4.3a, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Germany, 2009.

LANE, C. R.; LEIBOWITZ, S. G.; AUTREY, B. C.; LEDUC, S. D.; ALEXANDER, L. C. Hydrological, physical, and chemical functions and connectivity of non-floodplain wetlands to downstream waters: A review. **JAWRA Journal of the American Water Resources Association**, v. 54, n. 2, p. 346-371, 2018.

LENKO, Bruna Costa. **Estudo geofísico em uma área úmida em zona de recarga do Sistema Aquífero Guarani**. 2020. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2020.

LIU, Tong-huan; LI, Chen.; FAN, Bei-ling. Experimental study on flow pattern and sediment transportation at a 90 open-channel confluence. **International Journal of Sediment Research**, v. 27, n. 2, p. 178-187, 2012.

MARQUES NETO, R.; SILVA, F. P., FERNANDES, R. A.; BARRETO, J. C.; EDUARDO, C. C. A espacialidade do relevo em paisagens transformadas e sua representação: mapeamento geomorfológico da Bacia do Rio Paraibuna, Sudeste de Minas Gerais. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 41, p. 65-81, 2017.

MARQUES NETO, R.; SILVA, F. P.; MOREIRA, J. A. Aspectos morfoestruturais e morfotectônicos na evolução do relevo da bacia do Rio Paraibuna (MG). **Principia: Caminhos da Iniciação Científica**, v. 19, n. 1, p. 12-12, 2019.

MARQUES NETO, R.; SILVA, F. P.; MOREIRA, J. A.; FELIPPE, M. F. Diferentes controles na evolução do relevo em faixas móveis neoproterozoicas: considerações sobre uma bacia hidrográfica neotectônica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 23, n. 1, p. 1192, 2022.

MARTINI, Paulo Roberto. Áreas úmidas da América do Sul registradas em imagens de satélites. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 1., 2006, Campo Grande. **Anais do 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**. Campo Grande: Embrapa Informática Agropecuária/inpe, 2006. p. 876 - 882.

MAXIMIANO, Liz Abad. Considerações sobre o conceito de paisagem. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 8, p. 83-91, 2004.

MELLER, Juliana. **Mapeamento de áreas úmidas e banhados na microbacia do rio Amandaú, região noroeste do Rio Grande do Sul**. 2011. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Geomática, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011

MORIN, Edgar. From the concept of system to the paradigm of complexity. **Journal of social and evolutionary systems**, v. 15, n. 4, p. 371-385, 1992.

NEFF, B. P.; ROSENBERRY, D. O.; LEIBOWITZ, S. G.; MUSHET, D. M.; GOLDEN, H. E.; RAINS, M. C.; BROOKS, R. J.; LANE, C. R. A hydrologic landscapes perspective on groundwater connectivity of depressional wetlands. **Water**, v. 12, n. 1, p. 50, 2020.

OLIVEIRA, T. A.; TAVARES, C. M. G.; SANCHES, F.; FERREIRA, C. C. M. Variabilidade pluviométrica no município de Juiz de Fora no período de 1910- 2018: investigação a partir da técnica do Box plot. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, 2020, p. 457-478.

PAIXÃO, Rodrigo Wagner; SALGADO, André Augusto Rodrigues; FREITAS, Marcelo Motta de. Morfogênese do divisor hidrográfico Paraná/Paraíba do Sul: o caso da sub-bacia do Paraíbauna. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 20, n. 1, 2019.

PANIZZA, Andrea de Castro; FONSECA, Fernanda Padovesi. Técnicas de interpretação visual de imagens. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, n. 30, p. 30-43, 2011.

PELOGGIA, Alex Ubiratan Goossens. Classificação e mapeamento geológico de terrenos Tecnogênicos (artificiais): uma análise comparativa. **Revista do Instituto Geológico**, v. 39, n. 2, 2018.

PFAFSTETTER, OTTO. **Classificação de bacias hidrográficas: metodologia de codificação**. Rio de Janeiro, RJ: Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS), v. 19, 1989.

PHILLIPS, Jonathan D. FLUVIAL SEDIMENT STORAGE IN WETLANDS. **JAWRA Journal of the American Water Resources Association**, v. 25, n. 4, p. 867-873, 1989.

PIEIDADE, Maria Teresa Fernandez; JUNK, Wolfgang J.; SOUSA JUNIOR, Paulo Teixeira de; CUNHA, Catia Nunes da; SCHÖNGART, Jochen; WITTMANN, Florian; CANDOTTI, Ennio; GIRARD, Pierre. As áreas úmidas no âmbito do Código Florestal brasileiro. In: COMITÊ BRASIL EM DEFESA DAS FLORESTAS E DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (org.). **Código Florestal e a Ciência: O que nossos legisladores ainda precisam saber**. Brasília: CBDFDS, 2012.

RAMOS, M. V. V.; CURTI, N.; MOTTA, P. H. F.; VITORINO, A. C. T.; FERREIRA, M. M.; SILVA, M. L. N. Veredas do Triângulo Mineiro: solos, água e uso. **Ciênc. agrotec.**, v. 30, n. 2, mar./abr., p. 283-293, Lavras, 2006.

RAMPI, Lian P.; KNIGHT, Joseph F.; PELLETIER, Keith C. Wetland mapping in the upper midwest United States. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 80, n. 5, p. 439-448, 2014.

RAMSAR CONVENTION. **The Ramsar Convention Manual: a guide to the Convention on Wetlands** (Ramsar, Iran, 1971), 6th ed. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland. 2013.

RAPINEL, S.; FABRE, E.; DUFOUR, S.; ARVOR, D.; MONY, C.; HUBERT-MOY, L. Mapping potential, existing and efficient wetlands using free remote sensing data. **Journal of environmental management**, v. 247, p. 829-839, 2019.

REZAEIANZADEH, Mehdi; KALIN, Latif; HANTUSH, Mohamed M. An Integrated Approach for Modeling Wetland Water Level: Application to a Headwater Wetland in Coastal Alabama, USA. **Water**, v. 10, n. 7, p. 879, 2018.

REZENDE, E. A. **Evolução do relevo no divisor hidrográfico entre as bacias dos rios Grande e Paraíba do Sul: um estudo na Serra da Mantiqueira (MG/RJ)**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013. 106 p

REZENDE, Éric Andrade; SALGADO, André Augusto Rodrigues. Considerações sobre a gênese do vale suspenso do alto Rio Preto na borda da Bacia de Resende. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 40, p. 49-60, 2020.

- RICHARDS, ANDREW. Complexity in physical geography. **Geography**, p. 99-107, 2002.
- RICCOMINI, C. **O rift continental do sudeste do Brasil**. São Paulo. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989. 256 p
- RODRIGUES, W. F.; MAIA, R. P. CONDICIONAMENTO MORFOESTRUTURAL DOS RELEVOS NO ENTORNO DO DISTRITO DE TAPERUABA, SERTÃO CENTRAL DO CEARÁ, BRASIL. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 20, n. 1, 2019.
- SÁ JÚNIOR, A.; CARVALHO, L. G.; SILVA, F. F.; ALVES, M.C. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical And Applied Climatology**, v. 108, n. 1-2, p. 1-7, 2011.
- SAADI, Allaoua; BEZERRA, Francisco Hilário Rego; COSTA, Ricardo Diniz da; IGREJA, Hailton Luiz Siqueira; FRANZINELLI, Elena. Neotectônica da Plataforma Brasileira. In: SOUZA, Celia Regina de Gouveia; SUGUIO, Kenitiro; OLLIVEIRA, Antonio Manoel dos Santos; OLIVEIRA, Paulo Eduardo de (ed.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holas, 2005. Cap. 10. p. 211-234.
- SALES, J. C. **Estrutura e funcionamento de um campo de murundus da savana brasileira**. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2021
- SÁNCHEZ, T. A.; PÉREZ, M. S.; FERNÁNDEZ, S. E. Aplicación de nuevas tecnologías de información espacial para el análisis de los humedales de los Esteros del Iberá. In: **XXI Jornadas de Geografía de la UNLP 9 al 11 de octubre de 2019 Ensenada, Argentina. Construyendo una Geografía Crítica y Transformadora: En defensa de la Ciencia y la Universidad Pública**. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Departamento de Geografía, 2019.
- SOUSA, F.A; RODRIGUES, S.C. Aspectos morfométricos como subsidioma no estudo da condutividade hidráulica e suscetibilidade erosiva dos solos. **Mercator**, Fortaleza, v.11, n. 25, p. 141-151, 2012.
- SANTOS, Darcy José dos; RUCHKYS, Úrsula; TRAVASSOS, Luiz Eduardo Panisset. Perfil Geocológico do Parque Nacional da Serra do Gandarela, Minas Gerais, Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 33, 2021.
- SANTOS, N. M.; SALDANHA, D. S.; COSTA, D. F. S.; LIMA, Z. M. C. Serviços ecossistêmicos: abordagem teórico-conceitual na perspectiva da geografia física. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, v. 21, n. 2, p. 521-539, 2019.
- SARKAR, U. K.; DAS GHOSH, B.; PUTHIYOTTIL, M.; DAS, A. K.; LIANTHUAMLUAIA, L.; KARNATAK, G.; ACHARYA, A.; DAS, B. K. Spatio-temporal change analysis of three floodplain wetlands of eastern India in the context of climatic anomaly for sustainable fisheries management. **Sustainable Water Resources Management**, v. 7, n. 3, p. 1-16, 2021
- SCHEIDEGGER, Adrian E. Hydrogeomorphology. **Journal of Hydrology**, v. 20, n. 3, p. 193-215, 1973.
- SCHOBENHAUS, Carlos; NEVES, Benjamim Bley de Brito. A geologia do Brasil no contexto da Plataforma Sul-Americana. **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil. Brasília, CPRM**, p. 5-25, 2003.
- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). **Mapa geológico do estado de Minas Gerais**. Rio de Janeiro: CPRM, 2014.

SHAW, Samuel P.; FREDINE, Clarence Gordon. **Wetlands of the United States: Their Extent And Their Value to Waterfowl and Other Wildlife**. US Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, 1956.

SIDLE, Roy C.; ONDA, Yuichi. Hydrogeomorphology: overview of an emerging science. **Hydrological processes**, v. 18, n. 4, p. 597-602, 2004

SILVA, Kaíque Brito. **Abordagem geográfica para valoração de recurso hídrico baseado em características sistêmicas da bacia hidrográfica do rio Cachoeira, Bahia-Brasil**. 2021. 1 recurso online (119 p.) Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, SP.

SOCHAVA, Viktor B. Geography and ecology. **Soviet Geography**, v. 12, n. 5, p. 277-293, 1971.

SORDI, M. V.; SALGADO, A. A. R.; SIAME, L.; BOURLÈS, D.; PAISANI, J. C.; LÉANNI, L.; BRAUCHER, R.; COUTO, E. V.; AUMAÏTRE, G.; KEDDADOUCHE, K. Implications of drainage rearrangement for passive margin escarpment evolution in southern Brazil. **Geomorphology**, v. 306, p. 155-169, 2018.

SNYTKO, V. A.; KONOVALOVA, T. I. Transformation mechanisms of taiga geosystems of Cisbaikalia. **Geography and Natural Resources**, v. 36, n. 2, p. 132-138, 2015.

STRAHLER, Arthur N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Eos, Transactions American Geophysical Union**, v. 38, n. 6, p. 913-920, 1957.

STEVAUX, José Cândido; LATRUBESSE, Edgardo Manuel. **Geomorfologia fluvial**. Oficina de Textos, 2017.

TUPINAMBÁ, M.; HEILBRON, M.; DUARTE, B. P.; NOGUEIRA, J. R.; VALLADARES, C. S.; ALMEIDA J. C. H.; EIRADO, L. G.; MEDEIROS, S. R.; ALMEIDA, C. G.; MIRANDA, A. W. A.; RAGATKY, C. D. Geologia da Faixa Ribeira setentrional: estado da arte e conexões com a Faixa Araçuaí. **Geonomos**, v. 15, p. 67-79, 2007.

TUPINAMBÁ, Miguel; TEIXEIRA, Wilson; HEILBRON, Monica. Evolução tectônica e magmática da Faixa Ribeira entre o Neoproterozoico e o Paleozoico Inferior na região serrana do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 35, n. 2, p. 140-151, 2012.

UFV - CETEC - UFLA - FEAM. **Mapa de solos do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010. 49p. Disponível em: <<http://www.feam.br/noticias/1/949-mapas-de-solo-do-estado-de-minas-gerais>> Acesso em: 27 de mai. de 2019.

VILLA, Jorge A.; BERNAL, Blanca. Carbon sequestration in wetlands, from science to practice: An overview of the biogeochemical process, measurement methods, and policy framework. **Ecological Engineering**, v. 114, p. 115-128, 2018.

WARMLING, M. T.; ALBUQUERQUE, J. A.; ALMEIDA, J. A.; WARMLING, M. I. Characteristics of Soils in Highland Wetlands as a Subsidy to Identifying and Setting their Limits. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, 2017.

WEBBER, Norman Bruton; GREATER, C. A. An investigation of flow behaviour at the junction of rectangular channels. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers**, v. 34, n. 3, p. 321-334, 1966.

APÊNDICE 1: Quadro de caracterização fisiográfica e fisiológica das AUs.

FISIOGRAFIA: BHCI															
AU	Classes (Tipologia)	Classes (Brinson)	Elevação (m)	Direção de fluxo	Unidade geológica	Uso da terra	Forma	Geomorfologia	Vegetação higrófila	Solos	Solos hidromórficos	Exfiltração de água	Espelho d'água	Influência de estrutura	Ação antrópica
001	Depressão/Encosta	Depressional	826	NE	PP2jfgn	Campestre	Arredondada	Cabeceira	Provável	LVAAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Provável	Sim
002	Fluvial	Riverine	799	N	PP2jfgn	Área descoberta	Alongada	Planície	Improvável	LVAAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Improvável	Provável	Sim	Provável	Sim
003	Depressão/Encosta	Depressional	795	NW	PP2jfgn	Campestre	Arredondada	Cabeceira	Provável	LVAAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Provável	Não perceptível
004	Fluvial	Riverine	775	NE	NP3acstl	Florestal	Alongada	Planície	Provável	LVAAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Improvável	Improvável	Não	Provável	Não perceptível
005	Depressão/Encosta	Depressional	795	N	PP2jfgn	Campestre	Alongada	Cabeceira	Provável	LVAAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Improvável	Improvável	Sim	Provável	Não perceptível
006	Fluvial	Riverine	765	NE	NP3acstl	Campestre	Alongada	Planície	Provável	LVAAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Improvável	Não	Provável	Não perceptível
007	Depressão/Encosta	Depressional	794	SE	NP3acstl	Florestal	Alongada	Cabeceira	Provável	LVAAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Improvável	Não	Provável	Não perceptível
008	Fluvial	Riverine	758	SW	PP2jfgn	Pastagem	Alongada	Planície	Provável	LVAAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Improvável	Sim	Provável	Sim
009	Fluvial	Riverine	753	NE	PP2jfgn	Pastagem	Alongada	Planície	Provável	LVAAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Improvável	Improvável	Não	Improvável	Sim
010	Fluvial	Riverine	752	N	PP2jfgn	Campestre	Arredondada	Planície	Provável	LVAAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Improvável	Improvável	Não	Improvável	Não perceptível
011	Fluvial	Riverine	763	NE	PP2jfgn	Florestal	Alongada	Planície	Provável	LVAAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Improvável	Não	Provável	Sim
012	Fluvial	Riverine	771	N	PP2jfgn	Florestal	Alongada	Planície	Provável	LVAAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Improvável	Não	Improvável	Sim
013	Fluvial	Riverine	765	N	PP2jfgn	Florestal	Alongada	Planície	Provável	LVAAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Improvável	Não	Provável	Não perceptível
014	Depressão/Encosta	Depressional	818	N	PP2jfgn	Pastagem	Alongada	Cabeceira	Provável	LVAAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Provável	Sim
015	Depressão/Encosta	Depressional	780	NW	PP2jfgn	Pastagem	Alongada	Cabeceira	Provável	LVAAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Improvável	Não perceptível
016	Depressão/Encosta	Depressional	787	N	PP2jfgn	Campestre	Arredondada	Cabeceira	Provável	LVAAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Improvável	Improvável	Não	Provável	Sim
017	Fluvial	Riverine	771	NE	PP2jfgn	Pastagem	Arredondada	Planície	Provável	LVAAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Improvável	Provável	Sim	Provável	Sim

APÊNDICE 1: Quadro de caracterização fisiográfica e fisiológica das AUs.

FISIOGRAFIA: BHCI															
AU	Classes (Tipologia)	Classes (Brinson)	Elevação (m)	Direção de fluxo	Unidade geológica	Uso da terra	Forma	Geomorfologia	Vegetação higrófila	Solos	Solos hidromórficos	Exfiltração de água	Espelho d'água	Influência de estrutura	Ação antrópica
018	Fluvial	Riverine	752	SE	PP2jfgn	Campestre	Alongada	Planície	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Improvável	Provável	Não	Provável	Não perceptível
019	Depressão/ Encosta	Depressional	742	SE	PP2jfgn	Campestre	Alongada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Provável	Sim
020	Fluvial	Riverine	725	NE	NP3acstf	Pastagem	Arredondada	Planície	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Improvável	Improvável	Não	Provável	Sim
021	Depressão/ Encosta	Depressional	734	SE	PP2jfgn	Pastagem	Alongada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Improvável	Sim	Provável	Sim
022	Depressão/ Encosta	Depressional	746	SE	PP2jfgn	Área descoberta	Alongada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Provável	Sim
023	Fluvial	Riverine	727	SE	PP2jfgn	Área descoberta	Arredondada	Planície	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Sim	Sim	Provável	Sim
024	Fluvial	Riverine	726	SE	PP2jfgn	Área urbanizada	Arredondada	Planície	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Não	Improvável	Sim
025	Fluvial	Riverine	748	N	NP3acstf	Campestre	Alongada	Planície	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Sim	Não	Provável	Sim
026	Depressão/ Encosta	Depressional	755	NW	NP3acstf	Campestre	Alongada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Improvável	Não	Provável	Não perceptível
027	Fluvial	Riverine	724	NW	NP3acstf	Campestre	Alongada	Planície	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Improvável	Sim	Provável	Sim
028	Fluvial	Riverine	709	NW	NP3acstf	Campestre	Alongada	Planície	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Improvável	Sim	Não	Provável	Sim
029	Fluvial	Riverine	737	SE	NP3acstf	Campestre	Alongada	Planície	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Improvável	Não	Improvável	Sim
030	Fluvial	Riverine	707	L	NP3acstf	Campestre	Arredondada	Planície	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Improvável	Não	Provável	Sim
031	Fluvial	Riverine	715	N	PP2jfgn	Campestre	Alongada	Planície	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Improvável	Sim
032	Fluvial	Riverine	707	L	PP2jfgn	Campestre	Alongada	Planície	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Sim	Não	Provável	Sim
033	Fluvial	Riverine	706	NE	PP2jfgn	Campestre	Alongada	Planície	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Sim	Não	Improvável	Sim
034	Depressão/ Encosta	Depressional	723	N	PP2jfgn	Pastagem	Arredondada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Não	Provável	Sim

APÊNDICE 1: Quadro de caracterização fisiográfica e fisiológica das AUs.

FISIOGRAFIA: BHCI															
AU	Classes (Tipologia)	Classes (Brinson)	Elevação (m)	Direção de fluxo	Unidade geológica	Uso da terra	Forma	Geomorfologia	Vegetação higrofila	Solos	Solos hidromórficos	Exfiltração de água	Espelho d'água	Influência de estrutura	Ação antrópica
035	Fluvial	Riverine	715	N	PP2fign	Campestre	Alongada	Planície	Provável	LVAAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Improvável	Não	Improvável	Não perceptível
036	Fluvial	Riverine	720	NW	PP2fign	Campestre	Alongada	Planície	Provável	LVAAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Sim	Não	Improvável	Sim
037	Fluvial	Riverine	706	SE	Qa	Campestre	Arredondada	Planície	Provável	LVAAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Improvável	Não	Provável	Sim
038	Fluvial	Riverine	724	SE	NP3acstl	Campestre	Alongada	Planície	Provável	LVAAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Improvável	Não	Improvável	Não perceptível
039	Fluvial	Riverine	785	NE	PP2fign	Área urbanizada	Arredondada	Planície	Provável	LVAAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Improvável	Sim
040	Fluvial	Riverine	782	NW	PP2fign	Uso não identificado	Arredondada	Planície	Provável	LVAAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Improvável	Sim	Provável	Sim
041	Fluvial	Riverine	796	NW	PP2fign	Campestre	Alongada	Planície	Provável	LVAAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Provável	Não perceptível
042	Fluvial	Riverine	757	NE	NP3acstl	Campestre	Arredondada	Planície	Provável	LVAAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Provável	Sim
043	Fluvial	Riverine	755	NW	NP3acstl	Pastagem	Arredondada	Planície	Provável	LVAAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Provável	Sim
044	Depressão/ Encosta	Depressional	732	SE	NP3acstl	Área urbanizada	Arredondada	Cabeceira	Provável	LVAAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Provável	Sim
045	Fluvial	Riverine	767	NW	PP2fign	Florestal	Alongada	Planície	Provável	LVAAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Não	Provável	Sim
046	Fluvial	Riverine	759	NW	PP2fign	Pastagem	Alongada	Planície	Provável	LVAAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Improvável	Sim	Provável	Sim
047	Fluvial	Riverine	763	N	PP2fign	Área descoberta	Alongada	Planície	Provável	LVAAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Improvável	Sim
048	Fluvial	Riverine	778	NW	PP2fign	Campestre	Alongada	Planície	Provável	LVAAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Improvável	Sim	Provável	Sim
049	Fluvial	Riverine	809	N	PP2fign	Uso não identificado	Alongada	Planície	Provável	CXbd - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb distrófico	Provável	Improvável	Não	Improvável	Sim
050	Fluvial	Riverine	807	N	PP2fign	Pastagem	Alongada	Planície	Provável	CXbd - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb distrófico	Provável	Provável	Sim	Improvável	Sim
051	Fluvial	Riverine	804	NE	PP2fign	Campestre	Alongada	Planície	Provável	LVAAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Improvável	Sim	Provável	Sim
052	Fluvial	Riverine	824	NE	PP2fign	Campestre	Alongada	Planície	Provável	LVAAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Improvável	Não	Improvável	Não perceptível

APÊNDICE 1: Quadro de caracterização fisiográfica e fisiológica das AUs.

FISIOGRAFIA: BHCI															
AU	Classes (Tipologia)	Classes (Brinson)	Elevação (m)	Direção de fluxo	Unidade geológica	Uso da terra	Forma	Geomorfologia	Vegetação higrofila	Solos	Solos hidromórficos	Exfiltração de água	Espelho d'água	Influência de estrutura	Ação antrópica
053	Depressão/Encosta	Depressional	817	NE	PP2jfgn	Pastagem	Arredondada	Cabeceira	Provável	CXbd - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb distrófico	Improvável	Improvável	Não	Improvável	Não perceptível
054	Depressão/Encosta	Depressional	784	N	PP2jfgn	Florestal	Arredondada	Cabeceira	Provável	LVA _d - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Improvável	Improvável	Não	Improvável	Não perceptível
055	Depressão/Encosta	Depressional	770	NW	NP3acstl	Pastagem	Alongada	Cabeceira	Provável	LVA _d - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Não	Provável	Sim
056	Depressão/Encosta	Depressional	814	N	PP2jfgn	Campestre	Alongada	Cabeceira	Provável	LVA _d - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Não	Provável	Não perceptível
057	Fluvial	Riverine	725	NW	PP2jfgn	Área urbanizada	Arredondada	Planície	Provável	LVA _d - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Improvável	Improvável	Não	Provável	Sim
058	Depressão/Encosta	Depressional	782	NW	PP2jfgn	Pastagem	Alongada	Cabeceira	Provável	LVA _d - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Provável	Não perceptível
059	Depressão/Encosta	Depressional	720	N	PP2jfgn	Campestre	Arredondada	Cabeceira	Provável	LVA _d - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Improvável	Não	Provável	Sim
060	Fluvial	Riverine	779	SE	PP2jfgn	Campestre	Arredondada	Planície	Provável	LVA _d - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Provável	Sim
061	Fluvial	Riverine	784	NW	NP3acstl	Área urbanizada	Alongada	Planície	Provável	LVA _d - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Provável	Sim
062	Depressão/Encosta	Depressional	796	N	NP3acstl	Florestal	Arredondada	Cabeceira	Provável	LVA _d - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Provável	Sim
063	Depressão/Encosta	Depressional	770	NE	PP2jfgn	Campestre	Arredondada	Cabeceira	Provável	LVA _d - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Improvável	Não	Improvável	Não perceptível
064	Fluvial	Riverine	774	NE	NP3acstl	Florestal	Alongada	Planície	Provável	LVA _d - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Improvável	Improvável	Não	Provável	Não perceptível
065	Fluvial	Riverine	746	NE	PP2jfgn	Campestre	Alongada	Planície	Provável	LVA _d - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Improvável	Não	Provável	Não perceptível
066	Fluvial	Riverine	775	N	PP2jfgn	Florestal	Alongada	Planície	Provável	LVA _d - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Improvável	Improvável	Não	Improvável	Não perceptível
067	Fluvial	Riverine	764	L	PP2jfgn	Pastagem	Arredondada	Planície	Provável	LVA _d - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Improvável	Não	Improvável	Sim
068	Fluvial	Riverine	804	N	PP2jfgn	Florestal	Alongada	Planície	Provável	LVA _d - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Improvável	Não	Improvável	Não perceptível
069	Fluvial	Riverine	790	SE	PP2jfgn	Campestre	Alongada	Planície	Provável	LVA _d - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Improvável	Sim	Provável	Sim

APÊNDICE 1: Quadro de caracterização fisiográfica e fisiológica das AUs.

FISIOGRAFIA: BHCI															
AU	Classes (Tipologia)	Classes (Brinson)	Elevação (m)	Direção de fluxo	Unidade geológica	Uso da terra	Forma	Geomorfologia	Vegetação higrófila	Solos	Solos hidromórficos	Exfiltração de água	Espelho d'água	Influência de estrutura	Ação antrópica
070	Fluvial	Riverine	772	N	PP2jfgn	Campestre	Arredondada	Planície	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Improvável	Não	Provável	Sim
071	Depressão/ Encosta	Depressional	776	SW	PP2jfgn	Campestre	Arredondada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Improvável	Sim
072	Fluvial	Riverine	748	NW	PP2jfgn	Florestal	Alongada	Planície	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Provável	Sim
073	Fluvial	Riverine	760	NE	PP2jfgn	Área urbanizada	Arredondada	Planície	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Improvável	Sim	Improvável	Sim
074	Fluvial	Riverine	761	NE	PP2jfgn	Área descoberta	Alongada	Planície	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Improvável	Sim	Improvável	Sim
075	Fluvial	Riverine	737	N	NP3acstl	Campestre	Alongada	Planície	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Sim	Não	Provável	Sim
076	Fluvial	Riverine	753	SE	PP2jfgn	Pastagem	Arredondada	Planície	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Sim	Não	Provável	Sim
077	Depressão/ Encosta	Depressional	763	SE	PP2jfgn	Pastagem	Arredondada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Sim	Não	Provável	Sim
078	Depressão/ Encosta	Depressional	779	L	PP2jfgn	Campestre	Arredondada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Sim	Não	Provável	Não perceptível
079	Depressão/ Encosta	Depressional	745	SE	PP2jfgn	Florestal	Arredondada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Sim	Não	Provável	Não perceptível
080	Fluvial	Riverine	701	SE	NP3acstl	Área descoberta	Alongada	Planície	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Improvável	Não	Improvável	Sim
081	Depressão/ Encosta	Depressional	703	S	NP3acstl	Pastagem	Arredondada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Não	Improvável	Sim
082	Fluvial	Riverine	700	NW	PP2jfgn	Campestre	Alongada	Planície	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Improvável	Não perceptível
083	Fluvial	Riverine	694	NE	Qa	Florestal	Alongada	Planície	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Provável	Sim
084	Depressão/ Encosta	Depressional	722	NW	PP2jfgn	Área descoberta	Arredondada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Improvável	Improvável	Não	Improvável	Sim
085	Fluvial	Riverine	700	N	PP2jfgn	Campestre	Alongada	Planície	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Não	Improvável	Não perceptível
086	Depressão/ Encosta	Depressional	719	SW	PP2jfgn	Campestre	Arredondada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Não	Provável	Não perceptível

APÊNDICE 1: Quadro de caracterização fisiográfica e fisiológica das AUs.

FISIOGRAFIA: BHCI															
AU	Classes (Tipologia)	Classes (Brinson)	Elevação (m)	Direção de fluxo	Unidade geológica	Uso da terra	Forma	Geomorfologia	Vegetação higrófila	Solos	Solos hidromórficos	Exfiltração de água	Espelho d'água	Influência de estrutura	Ação antrópica
087	Depressão/ Encosta	Depressional	707	SE	PP2jfgn	Área descoberta	Arredondada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Improvável	Improvável	Não	Provável	Sim
088	Depressão/ Encosta	Depressional	729	N	PP2jfgn	Campestre	Alongada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Não	Provável	Sim
089	Fluvial	Riverine	725	N	PP2jfgn	Área urbanizada	Alongada	Planície	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Provável	Sim
090	Fluvial	Riverine	704	N	NP3acstl	Campestre	Alongada	Planície	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Improvável	Não	Improvável	Sim
091	Depressão/ Encosta	Depressional	735	NW	NP3acstl	Campestre	Alongada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Não	Provável	Sim
092	Depressão/ Encosta	Depressional	751	W	PP2jfgn	Campestre	Alongada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Não	Provável	Sim
093	Fluvial	Riverine	726	NE	NP3acstl	Campestre	Alongada	Planície	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Provável	Sim
094	Depressão/ Encosta	Depressional	742	N	NP3acstl	Área descoberta	Alongada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Provável	Não perceptível
095	Depressão/ Encosta	Depressional	755	NE	NP3acstl	Florestal	Alongada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Não	Provável	Não perceptível
096	Fluvial	Riverine	737	L	NP3acstl	Pastagem	Alongada	Planície	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Improvável	Sim
097	Depressão/ Encosta	Depressional	760	W	PP2jfgn	Campestre	Arredondada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Improvável	Não	Improvável	Não perceptível
098	Depressão/ Encosta	Depressional	759	W	PP2jfgn	Pastagem	Arredondada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Não	Improvável	Sim
099	Depressão/ Encosta	Depressional	725	SE	NP3acstl	Campestre	Alongada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Improvável	Não	Provável	Não perceptível
100	Depressão/ Encosta	Depressional	745	NE	NP3acstl	Campestre	Alongada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Improvável	Provável	Não	Provável	Não perceptível
101	Depressão/ Encosta	Depressional	770	NW	NP3acstl	Área descoberta	Alongada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Não	Provável	Sim
102	Fluvial	Riverine	723	NE	NP3acstl	Campestre	Alongada	Planície	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Provável	Não perceptível
103	Fluvial	Riverine	710	L	PP2jfgn	Florestal	Alongada	Planície	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Provável	Sim

APÊNDICE 1: Quadro de caracterização fisiográfica e fisiológica das AUs.

FISIOGRAFIA: BHCI															
AU	Classes (Tipologia)	Classes (Brinson)	Elevação (m)	Direção de fluxo	Unidade geológica	Uso da terra	Forma	Geomorfologia	Vegetação higrofila	Solos	Solos hidromórficos	Exfiltração de água	Espelho d'água	Influência de estrutura	Ação antrópica
104	Fluvial	Riverine	705	L	NP3acstl	Campestre	Alongada	Planície	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Não	Provável	Sim
105	Depressão/ Encosta	Depressional	717	NW	NP3acstl	Campestre	Arredondada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Não	Provável	Não perceptível
106	Fluvial	Riverine	745	NW	PP2jfgn	Florestal	Alongada	Planície	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Não	Improvável	Não perceptível
107	Depressão/ Encosta	Depressional	773	L	PP2jfgn	Florestal	Alongada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Não	Improvável	Não perceptível
108	Depressão/ Encosta	Depressional	759	NE	PP2jfgn	Florestal	Arredondada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Não	Improvável	Não perceptível
109	Fluvial	Riverine	743	N	PP2jfgn	Área descoberta	Alongada	Planície	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Improvável	Provável	Sim	Improvável	Sim
110	Depressão/ Encosta	Depressional	788	NW	PP2jfgn	Florestal	Alongada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Não	Improvável	Não perceptível
111	Depressão/ Encosta	Depressional	764	NW	PP2jfgn	Campestre	Alongada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Não	Provável	Não perceptível
112	Depressão/ Encosta	Depressional	810	NW	PP2jfgn	Área descoberta	Alongada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Improvável	Não perceptível
113	Depressão/ Encosta	Depressional	808	N	PP2jfgn	Pastagem	Alongada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Não	Provável	Sim
114	Fluvial	Riverine	763	N	PP2jfgn	Área descoberta	Alongada	Planície	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Improvável	Sim
115	Depressão/ Encosta	Depressional	814	NW	PP2jfgn	Campestre	Arredondada	Cabeceira	Provável	CXbd - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb distrófico	Provável	Provável	Não	Improvável	Não perceptível
116	Depressão/ Encosta	Depressional	805	L	PP2jfgn	Florestal	Arredondada	Cabeceira	Provável	CXbd - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb distrófico	Provável	Provável	Sim	Improvável	Não perceptível
117	Depressão/ Encosta	Depressional	771	NW	PP2jfgn	Área descoberta	Alongada	Cabeceira	Provável	CXbd - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb distrófico	Improvável	Provável	Sim	Improvável	Não perceptível
118	Depressão/ Encosta	Depressional	772	NE	PP2jfgn	Florestal	Arredondada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Não	Improvável	Não perceptível
119	Depressão/ Encosta	Depressional	757	SW	PP2jfgn	Campestre	Arredondada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Improvável	Não perceptível
120	Depressão/ Encosta	Depressional	753	SE	PP2jfgn	Campestre	Arredondada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Não	Improvável	Não perceptível
121	Depressão/ Encosta	Depressional	760	SW	NP3acstl	Florestal	Arredondada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Não	Provável	Não perceptível

APÊNDICE 1: Quadro de caracterização fisiográfica e fisiológica das AUs.

FISIOGRAFIA: BHCI															
AU	Classes (Tipologia)	Classes (Brinson)	Elevação (m)	Direção de fluxo	Unidade geológica	Uso da terra	Forma	Geomorfologia	Vegetação higrofila	Solos	Solos hidromórficos	Exfiltração de água	Espelho d'água	Influência de estrutura	Ação antrópica
122	Depressão/ Encosta	Depressional	753	NW	PP2jfgn	Área descoberta	Arredondada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Provável	Não perceptível
123	Fluvial	Riverine	756	N	PP2jfgn	Área urbanizada	Alongada	Planície	Improvável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Provável	Sim
124	Depressão/ Encosta	Depressional	774	N	PP2jfgn	Área urbanizada	Alongada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Improvável	Sim
125	Depressão/ Encosta	Depressional	747	NW	PP2jfgn	Área descoberta	Arredondada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Improvável	Provável	Sim	Provável	Não perceptível
126	Fluvial	Riverine	734	NE	PP2jfgn	Área descoberta	Alongada	Planície	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Improvável	Não perceptível
127	Depressão/ Encosta	Depressional	766	SE	NP3acstl	Campestre	Alongada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Não	Provável	Sim
128	Depressão/ Encosta	Depressional	774	SE	NP3acstl	Florestal	Alongada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Não	Provável	Sim
129	Depressão/ Encosta	Depressional	758	SE	NP3acstl	Campestre	Alongada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Improvável	Não	Provável	Não perceptível
130	Depressão/ Encosta	Depressional	739	SE	NP3acstl	Florestal	Alongada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Provável	Sim
131	Depressão/ Encosta	Depressional	717	NW	NP3acstl	Campestre	Alongada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Não	Provável	Não perceptível
132	Depressão/ Encosta	Depressional	751	SE	PP2jfgn	Florestal	Arredondada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Não	Improvável	Não perceptível
133	Depressão/ Encosta	Depressional	754	SE	NP3acstl	Campestre	Alongada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Não	Provável	Não perceptível
134	Depressão/ Encosta	Depressional	754	SW	NP3acstl	Campestre	Arredondada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Improvável	Sim
135	Depressão/ Encosta	Depressional	762	L	PP2jfgn	Área descoberta	Arredondada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Provável	Sim
136	Depressão/ Encosta	Depressional	708	NW	PP2jfgn	Área descoberta	Arredondada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Improvável	Sim
137	Depressão/ Encosta	Depressional	757	SW	NP3acstl	Campestre	Arredondada	Cabeceira	Provável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Não	Provável	Não perceptível
138	Depressão/ Encosta	Depressional	770	W	NP3acstl	Área descoberta	Alongada	Cabeceira	Improvável	LVAd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Provável	Não perceptível

APÊNDICE 1: Quadro de caracterização fisiográfica e fisiológica das AUs.

FISIOGRAFIA: BHCI															
AU	Classes (Tipologia)	Classes (Brinson)	Elevação (m)	Direção de fluxo	Unidade geológica	Uso da terra	Forma	Geomorfologia	Vegetação higrófila	Solos	Solos hidromórficos	Exfiltração de água	Espelho d'água	Influência de estrutura	Ação antrópica
139	Depressão/ Encosta	Depressional	761	SE	PP2jfgn	Florestal	Arredondada	Cabeceira	Provável	LVA _d - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Improvável	Não perceptível
140	Depressão/ Encosta	Depressional	765	SE	PP2jfgn	Área descoberta	Arredondada	Cabeceira	Provável	LVA _d - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico	Provável	Provável	Sim	Improvável	Sim

APÊNDICE 2: Mapa ampliado de localização das áreas úmidas.

