



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PORTO NACIONAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA (BACHARELADO)**

MAÍRA DE KÁSSIA PEDREIRA PEREIRA

**ÍNDICES GEOMÓRFICOS PARA ANÁLISE DO QUADRO MORFOESTRUTURAL
E MORFOTECTÔNICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BAGAGEM,
SUDESTE DO TOCANTINS**

Porto Nacional / TO

2022

MAÍRA DE KÁSSIA PEDREIRA PEREIRA

ÍNDICES GEOMÓRFICOS PARA ANÁLISE DO QUADRO MORFOESTRUTURAL E
MORFOTECTÔNICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BAGAGEM, SUDESTE DO
TOCANTINS

Artigo apresentado à UFT - Universidade Federal do Tocantins - Campus Universitário de Porto Nacional para obtenção do título de Bacharel em Geografia, sob orientação do Prof. Fernando de Moraes.

Orientador: Prof. Dr. Fernando de Moraes

Porto Nacional / TO

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

P436i Pereira, Maíra de Kássia Pedreira.

Índices geomórficos para análise do quadro morfoestrutural e morfotectônico da bacia hidrográfica do rio Bagagem, sudeste do Tocantins. /Maíra de Kássia Pedreira Pereira. – Porto Nacional, TO, 2022.

30 f.

Artigo de Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Porto Nacional - Curso de Geografia, 2022.

Orientador: Fernando de Moraes

1. Geomorfologia fluvial. 2. Morfometria . 3. Bacia Hidrográfica. 4. Rio Bagagem. I. Título

CDD 910

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

MAÍRA DE KÁSSIA PEDREIRA PEREIRA

ÍNDICES GEOMÓRFICOS PARA ANÁLISE DO QUADRO MORFOESTRUTURAL E
MORFOTECTÔNICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BAGAGEM, SUDESTE DO
TOCANTINS

Artigo apresentado à UFT - Universidade Federal do Tocantins - Campus Universitário de Porto Nacional, Curso de Geografia (Bacharelado), foi avaliado para a obtenção do título de Bacharel em Geografia e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: 1° / 6 / 2022

Banca examinadora:

Prof. Dr. Fernando de Morais, Orientador, UFT

Prof. Dr. Clóvis Cruvinel da Silva Júnior, Examinador, UFT

Profa. Dra. Maria Ecilene Nunes da Silva Meneses, Examinadora, UFT

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Fernando de Moraes, por todos os ensinamentos e orientação na realização deste trabalho.

À Universidade Federal do Tocantins.

A todos os professores do curso de Geografia (Bacharelado) da Universidade Federal do Tocantins, o meu muito obrigada.

A todas as pessoas que me ajudaram e me apoiaram nessa etapa da minha vida, especialmente ao meu esposo, Guilherme, à minha mãe, Ruth, e aos meus irmãos, Flávia e Francisco Neto.

RESUMO

A caracterização morfológica de uma bacia hidrográfica é de grande importância para o entendimento do seu comportamento no contexto da dinâmica da paisagem. Por intermédio da morfometria, é possível obter parâmetros que indicam o comportamento deste recorte geográfico, como por exemplo, o controle geológico da drenagem e seu reflexo na dinâmica hidrológica. O presente trabalho teve como objetivo caracterizar a geomorfologia fluvial da bacia do rio Bagagem no intuito de compreender a morfogênese e morfodinâmica de sua paisagem. Desta forma, utilizou-se do geoprocessamento, com a elaboração de mapas de hierarquia fluvial, declividade e hipsometria. Foram calculados os parâmetros morfométricos relação de relevo, densidade hidrográfica, densidade de drenagem, coeficiente de manutenção, gradiente de canais, índice de sinuosidade, índice de circularidade, fator de simetria topográfica transversal e fator de assimetria da bacia de drenagem. Os resultados demonstraram que a bacia se desenvolve sobre rochas sedimentares e coberturas quaternárias, apresentando padrão de drenagem dendrítico. A bacia possui baixa declividade e indica o formato alongado, em que as contribuições pluviais ocorrem desconcentradas ao longo da rede de drenagem, desfavorecendo as inundações. Por estar situada em ambiente intraplaca, nos terrenos cristalinos de bordas cratônicas, é influenciada por movimentos neotectônicos que afetam as falhas do Sistema Orogênico Tocantins.

Palavras-chave: geomorfologia fluvial; morfometria; bacia hidrográfica; rio Bagagem.

ABSTRACT

The morphological characterization of a watershed is of great importance for understanding its behavior in the context of landscape dynamics. Through morphometry, it is possible to get parameters that indicate the behavior of this geographic area, such as the geological control of drainage and its reflection on hydrological dynamics. The present article aimed to characterize the fluvial geomorphology of the Bagagem river basin in order to understand the morphogenesis and morphodynamics of its landscape. In this way, geoprocessing was used with the elaboration of maps of fluvial hierarchy, slope and hypsometry. The following morphometric parameters were calculated: relief ratio, hydrographic density, drainage density, maintenance coefficient, channel gradient, sinuosity index, circularity index, transverse topographic symmetry factor and drainage basin asymmetry factor. The results showed that the basin develops over sedimentary rocks and quaternary covers, presenting a dendritic drainage pattern. The basin has a low slope and indicates the elongated shape, where the rainfall contributions occur unconcentrated along the drainage network, not contributing to floods. As it is located in an intraplate environment, in the crystalline terrains of cratonic edges, it is influenced by neotectonic movements that affect the faults of the Tocantins Orogenic System.

Keywords: fluvial geomorphology; morphometry; watershed; Bagagem river.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Bagagem.....	13
Figura 2 - Exemplo de aplicação do FABD e FSTT.....	21
Figura 3 - Aplicação dos índices FABD e FSTT na bacia hidrográfica do rio Bagagem.....	21
Figura 4 - Mapa de hierarquia fluvial.....	23
Figura 5 - Mapa hipsométrico.....	24
Figura 6 - Mapa de declividade.....	24
Figura 7 - Direção preferencial obtida através de diagramas de rosetas.....	25
Figura 8 - Efeito de basculamento tectônico em bacias hidrográficas.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados morfométricos da bacia hidrográfica do rio Bagagem.....	22
Tabela 2 - Dados da hierarquia fluvial.....	23
Tabela 3 - Parâmetros morfométricos e valores obtidos para a bacia hidrográfica do rio Bagagem.....	28
Tabela 4 - Resultados do fator de simetria topográfica transversal.....	29

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	ÁREA DE ESTUDO	13
3	MATERIAIS E MÉTODOS	18
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5	CONCLUSÕES	30
	REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

A plataforma brasileira foi bastante afetada por deformações tectônicas cenozoicas, aproveitando-se, principalmente, de zonas de fraqueza crustal de áreas geológicas preexistentes, gerando compartimentação em unidades neotectônicas (ou micropalacas), marcadas por descontinuidades crustais resultantes de reativações, normalmente em regime transcorrente, dos lineamentos pré-cambrianos brasileiros (SAADI, 1993). Segundo este autor, esses efeitos ocorrem, essencialmente, em ambiente intraplaca, nos terrenos cristalinos de bordas cratônicas.

Marques Neto, Moreira e Silva (2016) entendem que a neotectônica da placa continental brasileira ocorre em zonas afetadas por movimentações pretéritas, por uma tectônica ressurgente devido às forças endógenas intermitentes e que afetam falhas.

Os sistemas fluviais são unidades geomorfológicas que podem contribuir com os estudos da dinâmica e evolução do relevo, tendo em vista menor dificuldade na identificação e delimitação por conter limites naturais com divisores topográficos (GIAROLA *et al.*, 2016).

Conforme Christofolletti (1980), os rios são considerados agentes morfogenéticos primordiais à evolução do relevo, pois realizam o transporte de sedimentos dos terrenos mais elevados para os mais baixos e do continente para o mar. Para este autor, a bacia de drenagem consiste na área drenada por um rio ou sistema fluvial, em que a quantidade de água que o atinge é dependente da área da bacia, da precipitação total e seu regime e de perdas ocasionadas pela infiltração e evapotranspiração.

Pela sensibilidade dos canais fluviais diante as modificações do relevo, podem ocorrer respostas morfológicas, morfométricas e sedimentares, assim como a busca pelo ajuste natural dos rios em determinados períodos do tempo geológico.

Alterações nas características do substrato (litologia e estrutura) ou deformação tectônica refletem no perfil longitudinal dos rios através de anomalias em resposta às mudanças abruptas na declividade, litológica, no nível de base, na granulometria da carga de fundo ou atividade tectônica. A modificação do perfil longitudinal pode ser importante resposta dos rios aos efeitos da subsidência ou ao soergimento ativo. Por vezes, deformações indicam a falta de ajuste do canal devido às alterações na declividade (BATEZELLI; LADEIRA; SANTOS, 2019).

Tem sido recorrente na Geomorfologia brasileira a aplicação de índices geomórficos na avaliação de processos morfotectônicos das paisagens fluviais, sobretudo nas drenagens e feições resultantes do trabalho fluvial.

Por meio da análise morfométrica há possibilidade de revelar anomalias e alterações na paisagem ocasionadas por fatores tectônicos, estruturais, climáticos e antrópicos (CHEREM *et al.*, 2020).

Como exemplo, o fator de simetria topográfica transversal (FSTT), proposto por Cox (1994) e, o fator de assimetria da bacia de drenagem (FABD), proposto por Hare e Gardner (1985), são aplicados em análises de assimetrias ou comportamentos anômalos das bacias de drenagens por estas serem sensíveis às mudanças causadas em suas direções.

Tanto o FSTT quanto o FABD, assim como os demais índices geomórficos, são analisados ao lado de características fisiográficas, como o clima, tipos de solos e rochas, assim como o relevo, permitindo melhor entendimento da dinâmica da bacia de drenagem.

Em certas áreas o controle de elementos da tectônica sobre a configuração dos canais fluviais individuais, ou mesmo sobre toda sua rede de drenagem, tem sido pouco explorado. Neste sentido, a bacia em análise apresenta-se como uma área ainda pouco compreendida do ponto de vista da Geomorfologia.

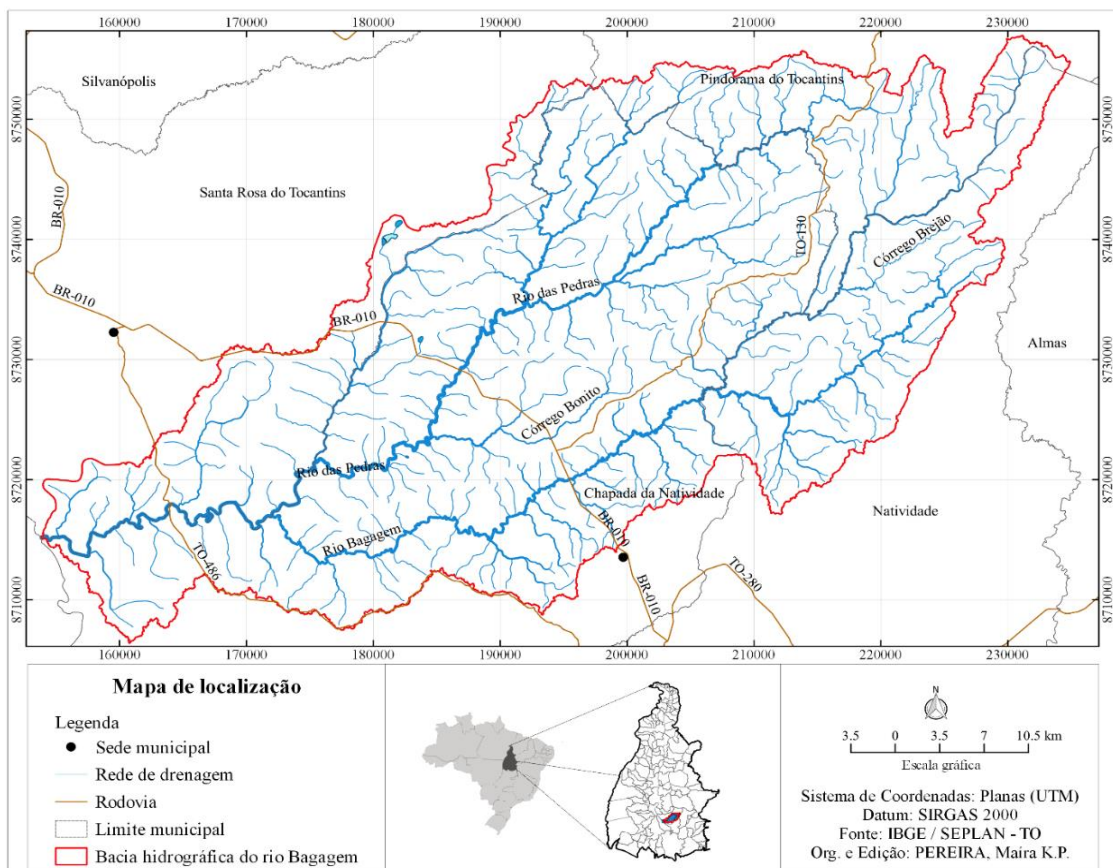
Assim, levando-se em consideração a importância da bacia hidrográfica como unidade de estudo e gestão territorial, definida pela Lei nº 9.433/1997 (BRASIL, 1997), este trabalho tem o objetivo de analisar as possíveis alterações ou anomalias no curso da bacia hidrográfica do rio Bagagem com o emprego de índices geomórficos.

2 ÁREA DE ESTUDO

A bacia do rio Bagagem está localizada na região sudeste do estado do Tocantins, à margem direita do rio Tocantins, tendo área de 2.081 km², entre as coordenadas UTM 153799 E, 8706387 S, 234924 E e 8756974 S. Abrange os municípios de Chapada da Natividade, Santa Rosa do Tocantins, Natividade e Pindorama do Tocantins. Os acessos mais próximos ao rio Bagagem ocorrem pelas rodovias BR-010, TO-130 e TO-486 (Figura 1).

O rio Bagagem nasce na Serra do Belo Horizonte e deságua no rio Manuel Alves, tendo como principais tributários o rio das Pedras e o rio Bagaginha. Conforme dados do Atlas do Tocantins (SEPLAN, 2012), a área tem como limites a bacia do rio Manuel Alves da Natividade, ao sul e a oeste, a bacia do rio Formiga, a noroeste, a bacia do rio Gameleira, ao norte, a bacia do rio Balsas, a nordeste e a bacia do rio do Peixe, a sudeste.

Figura 1 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Bagagem



Fonte: autora (2022).

A bacia hidrográfica do rio Bagagem trata-se de área importante para o estado do Tocantins, sobretudo o sudeste, visto que esta abrange região com escassez hídrica, servindo de abastecimento para a população e uso na agricultura.

De acordo com a SEPLAN (2012), o clima predominante é o úmido subúmido (C2wA'á''), com moderada deficiência hídrica no inverno e evapotranspiração potencial média anual de 1500 mm, distribuindo-se no verão em torno de 420 mm ao longo dos três meses consecutivos com temperatura mais elevada. A precipitação média anual ocorre entre 1500 e 1600 mm, com temperatura média anual do ar de 25 °C a 26 °C. A região ocorre preferencialmente sob o clima estacional, com mais de cinco meses secos (SEPLAN, 2012).

No sudeste do Tocantins, o aumento das temperaturas médias, o prolongamento da estiagem e o registro das menores médias anuais de pluviosidade e evapotranspiração do estado levam à redução de disponibilidade hídrica no decorrer da estação seca, tendo impactos econômicos e sociais negativos nos municípios (SEFAZ, 2019).

O nível de potencialidade à escassez hídrica na classe moderada ocorre em todos os municípios da região sudeste e, conseqüentemente, um moderado potencial para armazenamento de água. A área menos suscetível ao ressecamento ambiental localiza-se ao norte e oeste, em Silvanópolis, Santa Rosa do Tocantins e São Valério (SEFAZ, 2019).

Geologicamente, a área está localizada na porção setentrional da Província Tocantins. Considerada unidade de primeira grandeza da estrutura geológica brasileira, esta estrutura ocupa o centro do país e representa orógeno do Ciclo Brasileiro (Neoproterozoico) devido à colisão de três crátons: Amazônico (noroeste), São Francisco (leste) e Paranapanema (sudeste) (SABOIA, 2009).

Sobre os principais domínios crustais e estruturais predominantes, tem-se o Terreno Almas-Conceição, pertencente aos Complexos granulíticos, gnáissicos e sucessões vulcano-sedimentares do Paleoproterozoico; o Grupo Natividade, pertencente aos Cinturões metamórficos Neoproterozoicos; e, o Lineamento Transbrasileiro (GORAYEB, 2011).

A região de Natividade e Pindorama está situada na zona setentrional e externa da Faixa de Dobramentos Brasília (FDB) que, por sua vez, faz parte do Complexo Almas-Cavalcante que compõe a Faixa Móvel Paleoproterozoica Dianópolis-Silvânia. O Bloco Almas-Dianópolis abarca o Cráton São Francisco e o embasamento Paleoproterozoico da FDB (SABOIA, 2009).

O Complexo Almas-Cavalcante é formado pelo terreno granito-*greenstone* basal. Estas unidades paleoproterozoicas são recobertas discordantemente por metassedimentos do Grupo Natividade e coberturas sedimentares paleo/mesozoicas da Bacia Sedimentar do

Parnaíba (Grupo Serra Grande/Formação Pimenteiras) e cenozoicas (Terciário-Quaternárias) dos depósitos detrítico-lateríticos e aluvionares (SABOIA, 2009). Limitado pelos municípios de Natividade, Almas, Dianópolis e Conceição do Tocantins, caracteriza-se por ter depósitos de ouro (GORAYEB, 2011).

Conforme Corrêa (2014, p. 12), os terrenos granito-*greenstone* da região são definidos como “[...] faixas de *greenstone belts* envoltas por intrusões dômicas de complexos granito-gnáissicos [...] entre as cidades de Almas e Dianópolis, mas que se estendem até as proximidades de Natividade”.

Próximo a Natividade e Chapada da Natividade ocorre a chamada Sequência Metavulcanossedimentar Água Suja, a qual forma uma faixa de cerca de 10 km de largura em direção NE-SW, composta por xistos variados, anfíbolitos, formações ferríferas e gonditos (SABOIA, 2009).

Na Suíte Xobó os granitos são intrusivos no embasamento granito-gnáissico e nas sequências vulcanossedimentares, como exemplo da mina de ouro de Chapada da Natividade. Esta suíte compreende granitos pegmatoides foliados e biotita granitos, às vezes cataclados, com pegmatitos. O metamorfismo regional, variando de xisto-verde a anfíbolito, é atribuído ao Evento Transamazônico. Mineralizações auríferas encontram-se hospedadas em metavulcânicas, metassedimentos e granito-gnaisses atingidos por zonas de cisalhamento transcorrente dextral do Lineamento Transbrasiliano sob orientação preferencial NNE-SSW (SABOIA, 2009).

O Grupo Natividade, na zona extrema norte da Faixa de Dobramentos Brasília, trata-se de uma sequência metassedimentar de baixo grau metamórfico exposta em faixas na direção NNE-SSW no sudeste do Tocantins (abrangendo as regiões de Natividade - Pindorama do Tocantins, Monte do Carmo - Ipueiras - Gurupi) que recobre, discordantemente, os terrenos Paleoproterozoicos ou demarcam limites tectônicos, dispondo-se em grabens. É formado por quartzitos puros e micáceos, mármore dolomíticos e, subordinadamente, por ardósias e filitos sericíticos metamorfizados nas fácies xisto-verde, com estruturas anticlinais e sinclinais em megaescala (GORAYEB, 2011).

Saboia (2009), em análise da sucessão litoestratigráfica de rochas metassedimentares do Grupo Natividade, informa que há rochas carbonáticas (dolomitos e calcários) em quase todos os níveis associadas às rochas siliciclásticas, demonstrando influência marinha no período de sedimentação. Coloca ainda que as rochas vulcânicas máficas e félsicas constituem a base da sequência e que o topo é constituído por uma porção sedimentar.

A geomorfologia é caracterizada pela ocorrência de embasamentos em estilos complexos na Depressão do Alto Tocantins (SEPLAN, 2012). É também composta por planaltos e platôs dissecados, patamares arrasados, zonas escarpadas na borda de serras e morros residuais.

No rio Manuel Alves e afluentes ocorrem aluviões e detritos coluvionares nas bordas de vertentes. Em superfícies aplainadas ocorrem concreções ferruginosas sobre o embasamento em fase de denudação em função da hidrogeomorfologia (LIMA, 2021).

Em relação à taxonomia do relevo baseada na fisionomia das formas (ROSS, 1992), o 1º táxon (unidades morfoestruturais) é formado pela Bacia Sedimentar Natividade. Essa estrutura está ligada à Zona Externa da Faixa de Dobramentos Brasília (LIMA, 2021).

O 2º táxon (unidades morfoesculturais) caracteriza-se pelo Patamar de Natividade, condicionado por dinâmicas morfoestruturais e paleoclimáticas que atuam sobre os canais fluviais em caminhos preferenciais, subordinados por fraturas no embasamento e sedimentos superpostos.

No 3º táxon (unidades morfológicas) há formas de denudação como as elevações topográficas em morros, colinas, serras e formas aplanadas. Ocorrem também formas de acumulação representada por planícies de gênese marinha e continental. Com relação à Serra do Belo Horizonte, ocorrem dobras antiformes e sinformes, o que favorece os agentes hidrogeomorfológicos sobre os pacotes rochosos (LIMA, 2021).

No 4º táxon (tipos de formas de relevo) tem-se áreas de deposição que se referem aos leitos dos rios recobertos por aluviões e, aos interflúvios, com depósitos lateríticos localizados.

No 5º táxon (tipos de vertentes) há morros e serras com vertentes abruptas e suaves de gênese e idades mais recentes.

O 6º táxon (formas de processos atuais) pode ser caracterizado por sulcos, ravinas, voçorocas, corridas de lama, pequenos depósitos aluvionares, terraços escalonados, bancos de assoreamento nos leitos fluviais e dolinas de colapso, sendo tais processos referentes às formas e processos atuais naturais e, principalmente, por indução antrópica (LIMA, 2021).

Lima (2021) ressalta o controle dos fatores morfoestruturais na configuração da paisagem atual, demonstrando a influência do Lineamento Transbrasiliano no direcionamento das principais feições exocársticas. Para este autor, o sistema de falhas associado à Zona de Cisalhamento Mombuca e à Zona de Cisalhamento Cruz das Almas contribuiu para o entalhamento dos principais cursos fluviais, os quais distribuem-se nos sentidos N-S e NE-SW.

Com relação aos aspectos pedológicos ocorrem latossolos (amarelos, vermelhos e vermelho-amarelos), plintossolos (pétricos, argilúvicos e háplicos) e neossolos (litólicos, flúvicos e quartzarênicos). Os solos caracterizam-se por serem profundos e permeáveis, ainda que argilosos, friáveis, localizados em relevo plano e suave ondulado, fazendo com que o escoamento superficial seja difuso e lento (SEPLAN, 2012).

Saboia (2009) afirma que há ocorrência de solos de coloração avermelhada muito intensa nos terrenos do sudeste que correspondem à Bacia Sedimentar do Parnaíba (Grupo Serra Grande/Formação Pimenteiras).

A vegetação característica é o cerrado, havendo zonas de tensão ecológica entre esse bioma e a floresta estacional, composta por variadas fitofisionomias – formações savânicas (vereda e cerrado rupestre), campestres (campo sujo e campo limpo) e florestais (mata de galeria, mata ciliar e cerradão). A região de tensão ecológica caracteriza-se por encaves nos quais a floresta estacional ocupa os talvegues e encostas inferiores e as formações de cerrado se posicionam nos topos e encostas superiores (SEPLAN, 2012).

O uso e ocupação da terra nas regiões de Chapada da Natividade e Natividade possui características que remontam ao ciclo do ouro no então norte goiano, hoje Tocantins, do século XVIII, prática existente até hoje.

Fora a exploração aurífera há diversidade de lavouras como arroz, mandioca, milho e soja. Pastagens para criação de gado também contribuem com a economia da região. A extração mineral, como a do calcário, é outra atividade praticada na região (LIMA, 2021).

Ressalta-se que tais atividades antrópicas, que ocasionam mudanças na cobertura e uso da terra, ocupam parcelas do território que interligam aos recursos hídricos superficiais ou subterrâneos, podendo contribuir com o escoamento superficial, expansão e origem de relevo cárstico (LIMA, 2021).

Em relação ao potencial hidrelétrico do rio Bagagem, foi construída a Central Geradora Hidrelétrica (CGH) Bagagem no município de Natividade, com potência de 0,48 MW (SEPLAN, 2012).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente, foi feita revisão de literatura através de livros, artigos científicos e palestras (*lives*) acerca da temática estudada, além de textos sobre a geologia regional, de modo a subsidiar a caracterização geográfica da área em análise e as discussões feitas a partir dos dados levantados.

Foram usadas as cartas topográficas na escala 1:100.000 (DSG, 1977; 1978), folhas Apinajé (SC 22-Z-D-VI), Natividade (SC 23-Y-C-IV), Pindorama de Goiás (SC 23-Y-C-I), Santa Rosa (SC 22-Z-D-III) e Serra Negra (SC 23-Y-C-II), com *Datum* horizontal Córrego Alegre (MG). O mosaico, georreferenciamento e geoprocessamento dos dados foram feitos no SIG QGIS 3.10.4 A Coruña, com auxílio do *software* Google Earth Pro.

A delimitação da bacia foi realizada de forma automática no QGIS 3.10 com o programa *Terrain Analysis Using Digital Elevation Model* (TauDEM), seguindo metodologia adotada por Santos (2020), através de *plugin* preexistente e imagens do satélite Alos, sensor Palsar, com resolução espacial de 12,5 metros. Os dados raster foram extraídos do *site* ASF Data Search e recortados na extensão da área pesquisada.

Sobre a delimitação automática da bacia, tem-se o crescente uso das geotecnologias na atualidade com este propósito. Exemplificando, há o trabalho de Costa, Souza e Silva (2016) em que destacam a utilização de programas em trabalhos científicos na delimitação automática de bacias, como o TauDEM, que é constituído por ferramentas e funções desenvolvidas após anos de pesquisas e que são capazes de analisar o terreno através dos Modelos Digitais de Elevação (MDE's). Esses autores informam ainda que a delimitação automática se assemelhou aos dados obtidos de forma manual a partir do MDE/Topodata, reconhecendo a importância da bacia hidrográfica para o planejamento ambiental e ordenamento territorial.

O trabalho de Mendes (2018) igualmente aborda o uso do TauDEM na análise hidrológica e morfométrica baseada em MDE's, concluindo pela eficiência do programa na delimitação automática de bacias.

A vetorização e ordenação dos canais fluviais foi realizada manualmente conforme classificação proposta por Arthur N. Strahler, assim como a quantificação do número de canais e suas extensões.

Os mapas temáticos foram elaborados no sistema de coordenadas planas UTM, *Datum* Sirgas 2000, Zona 23S, EPSG 31983, com obtenção de dados geoespaciais em *sites* de órgãos públicos. Neste aspecto, a importação de dados vetoriais em formato *shapefile* foi feita no *site*

da Secretaria do Planejamento e Orçamento - SEPLAN (<https://geoportal.to.gov.br>) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (<https://bdiaweb.ibge.gov.br>).

No tocante aos índices aplicados à análise morfométrica, têm-se os seguintes: densidade de drenagem (Dd), densidade hidrográfica (Dh), relação de relevo (Rr), coeficiente de manutenção (Cm), gradiente de canais (Gc), índice de circularidade (Ic), índice de sinuosidade (Is), fator de assimetria da bacia de drenagem (FABD) e fator de simetria topográfica transversal (FSTT).

Foram utilizados parâmetros das classes linear, areal e hipsométrica (CHRISTOFOLETTI, 1980). A análise linear possui relações afeitas à rede hidrográfica, com medições nas extensões das linhas de escoamento, como o comprimento do rio principal. Na análise areal, além das medições lineares, inclui-se as medições planimétricas, como a área da bacia e a densidade de rios. Já a análise hipsométrica faz referência aos dados hipsométricos das bacias na análise de unidades morfoestruturais, como a relação de relevo.

O parâmetro relação de relevo (Rr) mostra a relação entre a altitude máxima e mínima da bacia e o comprimento do canal principal, tendo como equação $Rr = \Delta a/L$, em que Δa é a amplitude altimétrica e, L, o comprimento do canal principal (ALVES; CASTRO, 2003).

A densidade hidrográfica (Dh) indica a média da quantidade de canais por quilômetro quadrado de uma bacia, a capacidade da bacia em gerar novos cursos de água, relacionando-se o número total de canais com a área da bacia de drenagem. Pode ser obtida com a expressão $Dh = N/A$, em que Dh é a densidade hidrográfica, N, o número total de rios ou cursos d'água e, A, a área da bacia (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A densidade de drenagem (Dd) mostra a relação entre o comprimento total dos canais de escoamento (Lt) e a área da bacia hidrográfica (A), sendo expressa por $Dd = Lt/A$ (CHRISTOFOLETTI, 1980). Este parâmetro indica a capacidade de infiltração e formação de canais de drenagem, que podem ser definidos pela litologia e geologia (CHEREM *et al.*, 2020).

O coeficiente de manutenção (Cm) fornece a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento, indicando se a bacia é rica em cursos d'água (LANA; ALVES; CASTRO, 2001), sendo expresso por $Cm = 1/Dd \times 1.000$, em que Cm é o coeficiente de manutenção e, Dd, o valor da densidade de drenagem medido em metros (CHRISTOFOLETTI, 1980).

O gradiente de canais (Gc) indica a declividade dos cursos d'água, sendo influenciado pelo controle geológico (ALVES; CASTRO, 2003). É calculado através da expressão $Gc = a \max/L$ (%), em que a max é a altitude máxima e, L, o comprimento do canal principal.

Soares *et al.* (2016) afirmam que o índice de circularidade (I_c) é importante por indicar a forma superficial da bacia, mostrando o tempo de concentração e o escoamento superficial após uma precipitação. O I_c pode ser obtido pela equação $I_c = 12,57 \times A/p^2$, em que A é a área da bacia em km^2 e, p , o perímetro da bacia em km (ROCHA *et al.*, 2014).

O índice de sinuosidade (I_s) relaciona a dimensão real do canal principal com a distância vetorial entre seus pontos extremos, expresso por $I_s = L/dv$ (LANA; ALVES; CASTRO, 2001).

O fator de assimetria da bacia de drenagem (FABD) faz referência ao deslocamento lateral do rio principal de forma perpendicular em relação ao seu eixo (SALAMUNI; EBERT; HASUI, 2004), utilizando-se a expressão $FABD = 100 \times (A_r/A_t)$, onde A_r é a área da bacia à direita do rio e, A_t , a área total da bacia.

Segundo Salamuni, Ebert e Hasui (2004), parâmetros iguais ou próximos a 50 sinalizam pouca ou nenhuma atividade tectônica. Já os maiores que 50, mostram possível basculamento da margem direita do rio e os menores, a probabilidade de basculamento da margem esquerda. Para se obter o valor de A_r , o polígono da bacia foi dividido em duas partes (Figuras 2 e 3).

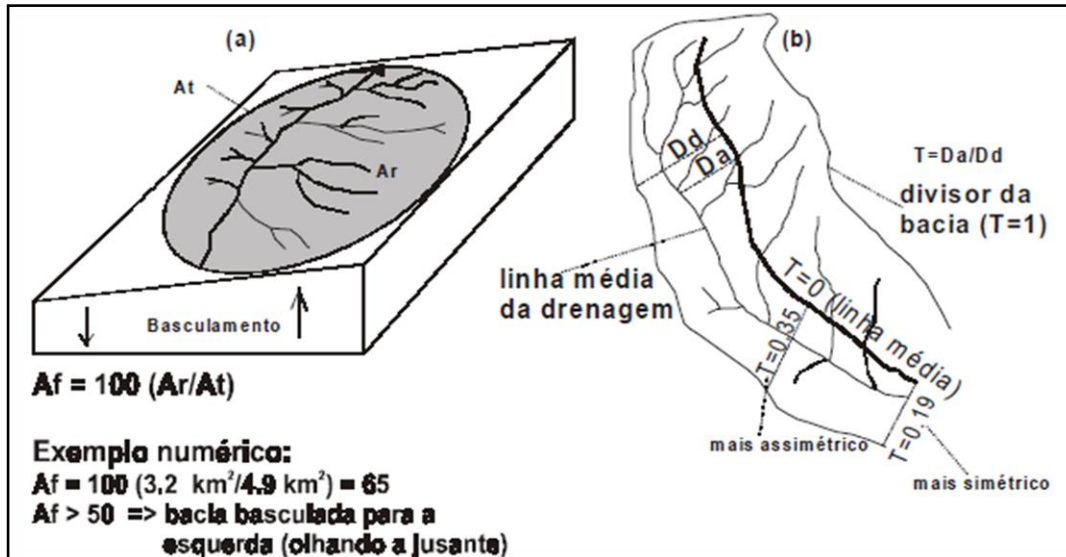
Para Cherem *et al.* (2020), o fator de simetria topográfica transversal (FSTT) mensura o deslocamento lateral do canal principal em relação à linha média da bacia, podendo variar de 0 (drenagem simétrica) a 1 (drenagem assimétrica). Utilizou-se a expressão $FSTT = D_a/D_d$, em que D_a é a distância da linha média do eixo longitudinal da bacia até o meandro ativo principal e, D_d , a distância da linha média do eixo longitudinal da bacia ao divisor perpendicular.

Para a obtenção do FSTT seguiu-se a metodologia de Santos (2016), conforme segue: para a linha média da bacia, foram utilizados os divisores de água e a linha do eixo vetorial (onde foi traçada uma linha do exutório até a outra porção mais extrema da bacia). Em seguida, foram traçadas diversas linhas perpendiculares ao eixo vetorial, gerando-se os pontos médios destes vetores e a transformação destes pontos em uma linha equivalente à linha média da bacia. Depois foi definida a linha média de meandros do rio Bagagem através de caixas poligonais que envolveu 5 km de cada segmento da dimensão linear da drenagem, sendo a medida levantada correspondente ao vetor médio do polígono.

Com estes parâmetros chegou-se aos valores de D_a e D_d organizados em planilha Excel por segmento fluvial. O último passo foi atualizar esta planilha aplicando a equação do FSTT, obtendo valores por segmento medido, totalizando 29. No mesmo projeto relacionado

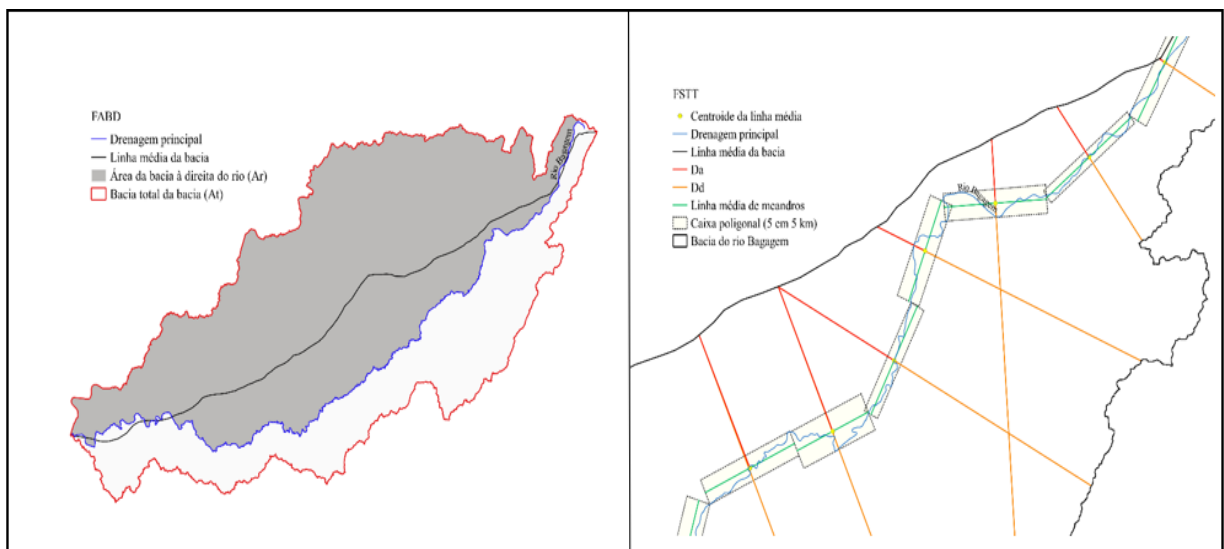
ao FSTT foram definidas as direções predominantes de basculamento dos canais, determinada pela reta perpendicular ao eixo.

Figura 2 - Exemplo de aplicação do FABD e FSTT ('a' e 'b', respectivamente)



Fonte: Salamuni, Ebert e Hasui (2004, p. 472).

Figura 3 - Aplicação dos índices FABD e FSTT na bacia hidrográfica do rio Bagagem



Fonte: autora (2022).

Foram também elaborados diagramas de rosetas no QGIS com o *plugin Line Direction Histogram* (versão 3.1.1), com a representação do sentido azimutal das falhas e fraturas ocorrentes, usando os comprimentos dos segmentos de linhas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a delimitação da bacia e da vetorização da rede de drenagem foi possível obter dados relativos à morfometria (Tabela 1). Para realizar os cálculos dos índices geomórficos verificou-se que se trata de uma bacia de 5ª ordem, com área total de 2.081,32 km² e perímetro de 428,13 km. O comprimento do canal principal é de 144,41 km e a distância vetorial entre a nascente e a foz de 88,70 km.

Tabela 1 - Dados morfométricos da bacia hidrográfica do rio Bagagem

Características morfométricas	Unidades
Área total da bacia	2.081,32 km ²
Perímetro da bacia	428,13 km
Comprimento total dos canais	1.532,38 km
Comprimento vetorial da bacia	90,26 km
Maior altitude	793 m
Menor altitude	229 m
Amplitude altimétrica	564 m
Distância vetorial do canal principal	88,70 km
Total de canais vetorizados	377
Comprimento do canal principal	144,41 km
Maior ordem fluvial	5ª

Fonte: autora (2022).

Quanto à classificação hierárquica dos canais, a bacia apresentou 293 canais de 1ª ordem, 71 canais de 2ª ordem, 9 canais de 3ª ordem, 3 canais de 4ª ordem e 1 canal de 5ª ordem, totalizando 377 canais com comprimento de 1.532,38 km (Tabela 2).

Acerca do quantitativo de canais de 1ª ordem em relação às demais hierarquias, considera-se que este percentual mostra a fragilidade da paisagem, sugerindo maior dissecação do relevo devido ao controle estrutural, seja ele ocasionado por falhas, fraturas ou dobras (VILELA FILHO; VITTE, 2005 *apud* MENDES, 2018).

A rede de drenagem apresenta o padrão dendrítico (Figura 4). Este padrão prevalece na paisagem local devido à interação do clima e geologia em áreas com litologia homogênea e rochas de resistência uniforme (SOARES *et al.*, 2016).

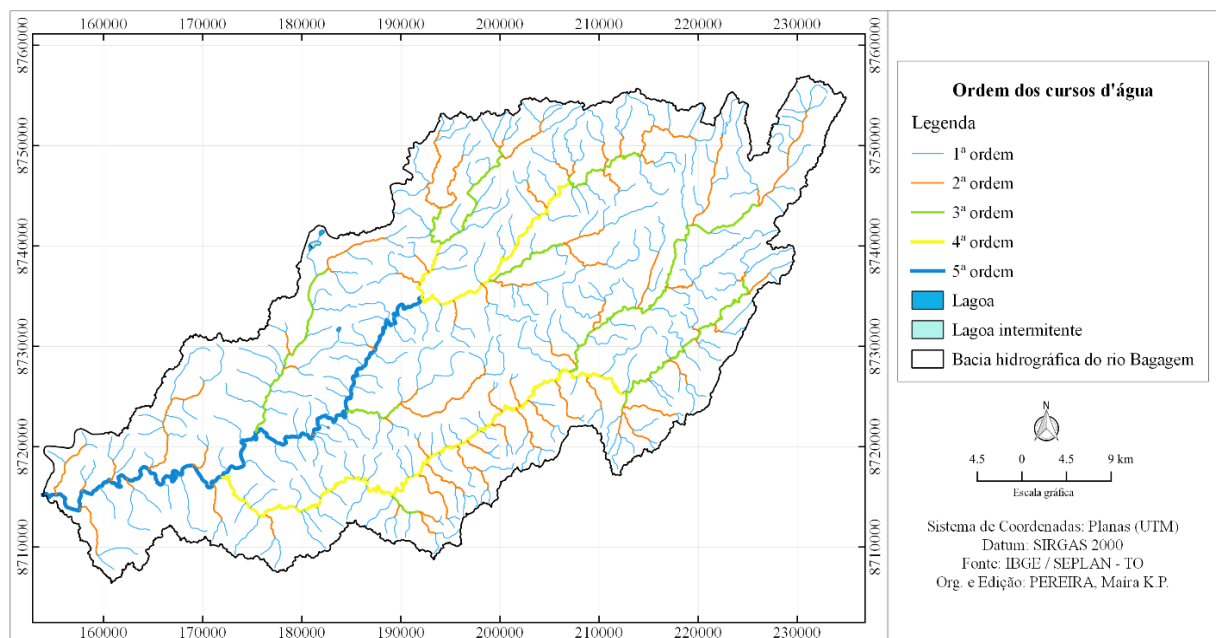
A ocorrência deste padrão de drenagem em área plana pode apresentar sedimentos horizontalizados com suave mergulho regional (HOWARD, 1967 *apud* SALAMUNI; EBERT; HASUI, 2004).

Tabela 2 - Dados da hierarquia fluvial

Ordem fluvial	Quantidade de canais	Comprimento (km)
1 ^a	293	940,38
2 ^a	71	277,00
3 ^a	9	136,52
4 ^a	3	103,66
5 ^a	1	74,82
Total	377	1.532,38

Fonte: autora (2022).

Figura 4 - Mapa de hierarquia fluvial

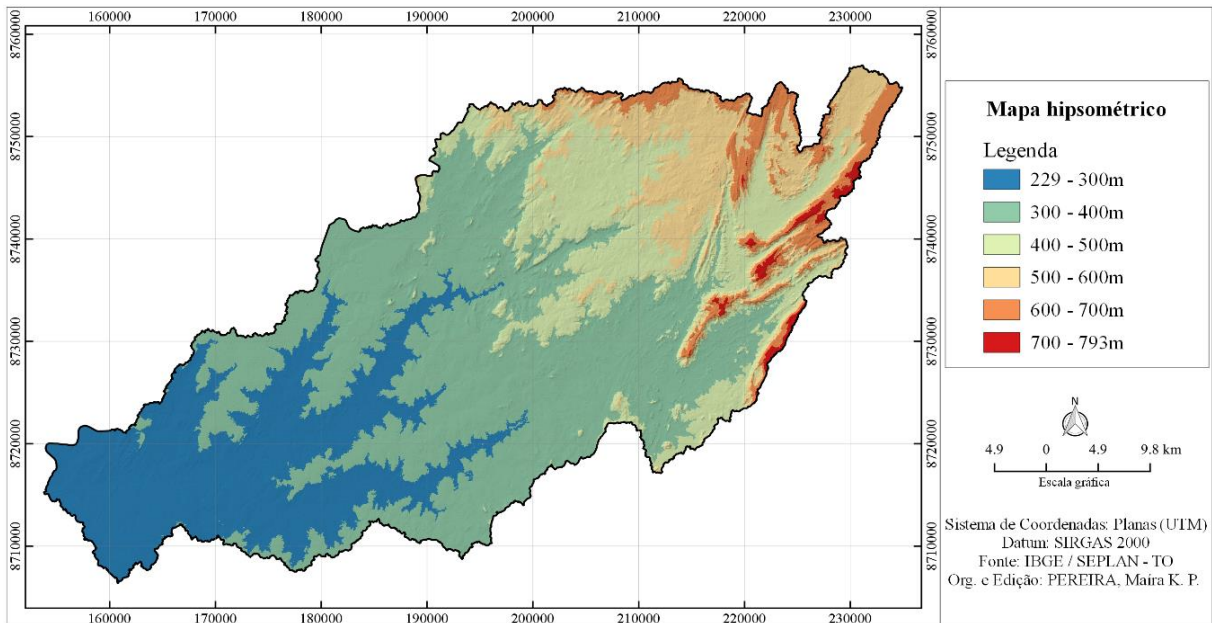


Fonte: autora (2022).

As altitudes na bacia variam entre 229 e 793 metros, com amplitude altimétrica de 564 metros (Figura 5). Esse resultado indica a predominância de relevo plano, suavemente ondulado e ondulado (Figura 6), principalmente no médio e baixo curso da bacia, condicionando o padrão dendrítico já mencionado. Próximo ao alto curso há predomínio de relevo com altitudes entre 500 e 793 metros, área correspondente à Faixa de Dobramentos Brasília.

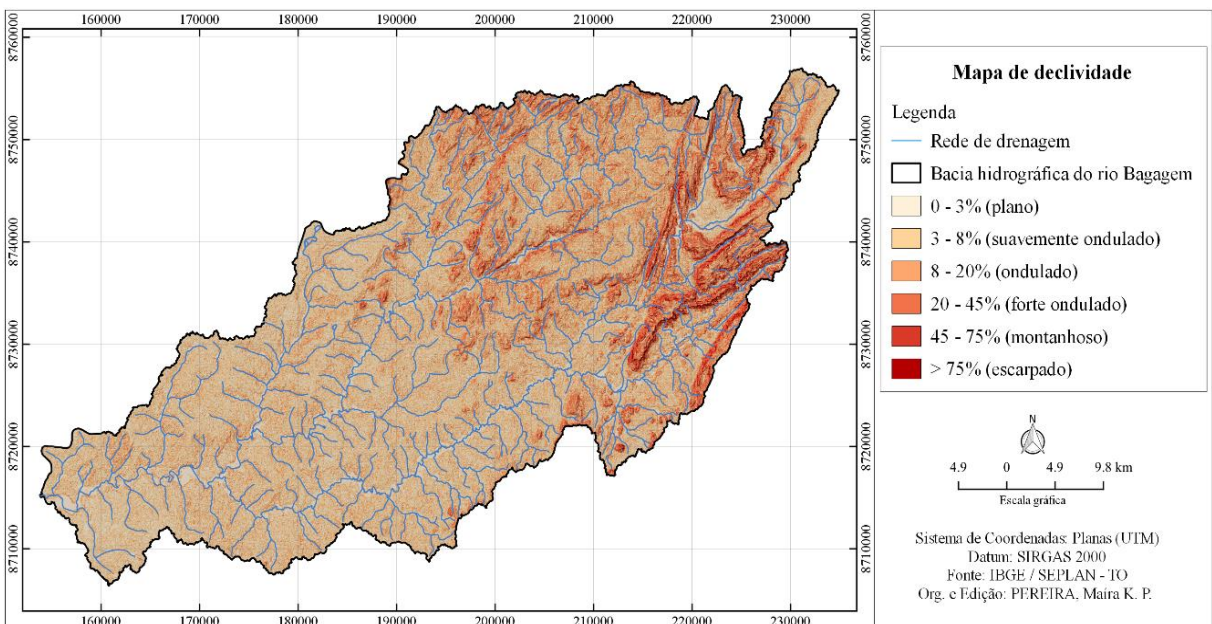
A bacia apresenta duas áreas hidrograficamente distintas: uma relacionado ao alto curso, sob influência dos dobramentos da Faixa Tocantins (pertencente ao Sistema Orogênico Tocantins com influência tectônica) e, a porção do médio e baixo curso, sob influência de processos superficiais aluviais, associados à dinâmica fluvial do rio Tocantins, com alto teor de sedimentos no exutório.

Figura 5 - Mapa hipsométrico



Fonte: autora (2022).

Figura 6 - Mapa de declividade



Fonte: autora (2022).

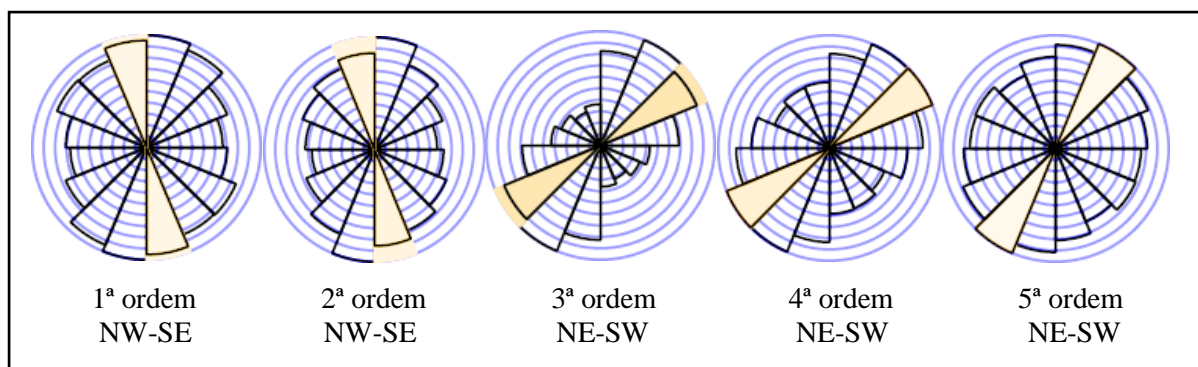
Com a elaboração dos diagramas de rosetas verificou-se a predominância de fraturas nas direções NW-SE nos canais de 1ª e 2ª ordem e NE-SW nos canais de 3ª, 4ª e 5ª ordem (Figura 7).

Geologicamente, a área pertence ao Grupo Natividade, aos Cinturões metamórficos Neoproterozoicos e ao Lineamento Transbrasiliano, em que as direções nos canais de 3ª, 4ª e 5ª ordem manifestam contatos litológicos representados por falhas e dobras (rúpteis e dúcteis)

a partir do metamorfismo regional, sendo as falhas transcorrentes capazes de condicionar o entalhamento do relevo no sentido preferencial NE-SW.

A existência de dobras nas zonas de cisalhamento transcorrente do Lineamento Transbrasiliano com direção preferencial NNE-SSW foi outro fator importante para a interpretação dos dados.

Figura 7 - Direção preferencial obtida através de diagramas de rosetas



Fonte: autora (2022).

A análise morfométrica se desenvolveu através da aplicação dos seguintes parâmetros: relação de relevo, densidade hidrográfica, densidade de drenagem, coeficiente de manutenção, gradiente de canais, índice de circularidade, índice de sinuosidade, fator de assimetria da bacia de drenagem e fator de simetria topográfica transversal (Tabela 3).

A relação de relevo (R_r) da bacia é de 0,0039. Conforme a figura 5 este resultado reflete a suavidade do relevo, com predomínio de altitudes entre 200 e 400 metros, sobretudo nas áreas do médio e baixo curso do canal principal. Com este resultado tem-se que o escoamento superficial pode ser caracterizado como lento, principalmente no médio e baixo curso do rio.

Reitera-se que os dobramentos da Faixa Tocantins influenciam no relevo ondulado, forte ondulado e montanhoso do alto curso (Figura 6), onde apresenta outra configuração topográfica, climática, vegetacional e de processos erosivos.

Para a densidade hidrográfica (D_h) obteve-se o valor de 0,14 canais/km², indicando a pouca capacidade da bacia em gerar novos canais fluviais, resultado associado ao formato suave do relevo, conforme as figuras 5 e 6.

Considera-se que o relevo plano pode levar a uma resposta hidrológica lenta (menor escoamento superficial), com possível redução de picos de cheia e inundações (SOARES *et al.*, 2016). Comparado a este resultado, Almeida e Moraes (2010), em trabalho na bacia do ribeirão Jaú, estado do Tocantins, encontraram uma densidade hidrográfica de 0,30

canais/km², interpretando o resultado como baixo em relação à capacidade de gerar canais fluviais.

A densidade de drenagem (Dd) é de 0,74 km/km², indicando pouca capacidade de escoamento superficial devido ao relevo plano, à declividade suave, embora os dados hipsométricos mostrem que a altitude do relevo ocorre de forma diferenciada nos setores da bacia (alto e médio/baixo cursos).

O comportamento hidrológico das rochas influencia diretamente a densidade de drenagem (CHRISTOFOLETTI, 1980). Para a bacia em análise, especialmente em áreas que apresentem rochas de granulação grossa, há maior tendência para o processo de infiltração, gerando menor possibilidade para a esculturação de canais.

O coeficiente de manutenção (Cm) é de 1.351,35 m²/m, significando que a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento é extensa e que para esta área há um baixo número de canais (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Devido à predominância de rochas sedimentares (permeáveis), metassedimentares e de depósitos detrítico-lateríticos e aluvionares na bacia, há maior propensão para a infiltração e diminuição do escoamento superficial.

O gradiente de canais (Gc) é de 0,05 %, refletindo a baixa declividade do canal principal que, em grande parte, pertence às áreas de relevo plano (0 - 3%), suavemente ondulado (3 - 8%) e ondulado (8 - 20%). Para Lana, Alves e Castro (2001) o Gc abaixo de 0,86 % tende a mostrar canais de baixa declividade, dado que pode ser confirmado com o MDE da área em análise.

O índice de circularidade (Ic) é de 0,14, indicando o formato alongado da bacia, em que as contribuições pluviais ocorrem desconcentradas ao longo da rede de drenagem, desfavorecendo cheias e inundações (CHEREM *et al.*, 2020).

Para Lana, Alves e Castro (2001), valores menores que 0,51 sugerem que a bacia tende a ser mais alongada, contribuindo com os processos de escoamento. Isso ocorre devido ao menor tempo de concentração das águas pluviais nas calhas fluviais (CHEREM *et al.*, 2020).

Soares *et al.* (2016) apontam que nas bacias com formato circular há maior probabilidade de ocorrer grande concentração de volume d'água no tributário principal, não ocorrendo o mesmo em bacias alongadas.

O índice de sinuosidade (Is) da bacia é de 1,63. Este resultado indica que o canal principal tem padrão de drenagem meândrico. Cherem *et al.* (2020) afirmam que índices

acima de 1,5 são classificados como meandrantes. Estes ressaltam ainda que quanto menos sinuoso é o canal mais rápido é o fluxo d'água.

Observa-se que os sedimentos provenientes da Bacia Sedimentar do Parnaíba, transportados das áreas mais altas para as mais baixas, influenciam no caráter meandrante no médio e baixo curso da bacia do rio Bagagem. Isso ocorre apesar de haver segmentos controlados por falhas, capazes de modificar com o tempo o padrão de drenagem para o retilíneo por conta do rearranjo da rede hidrográfica.

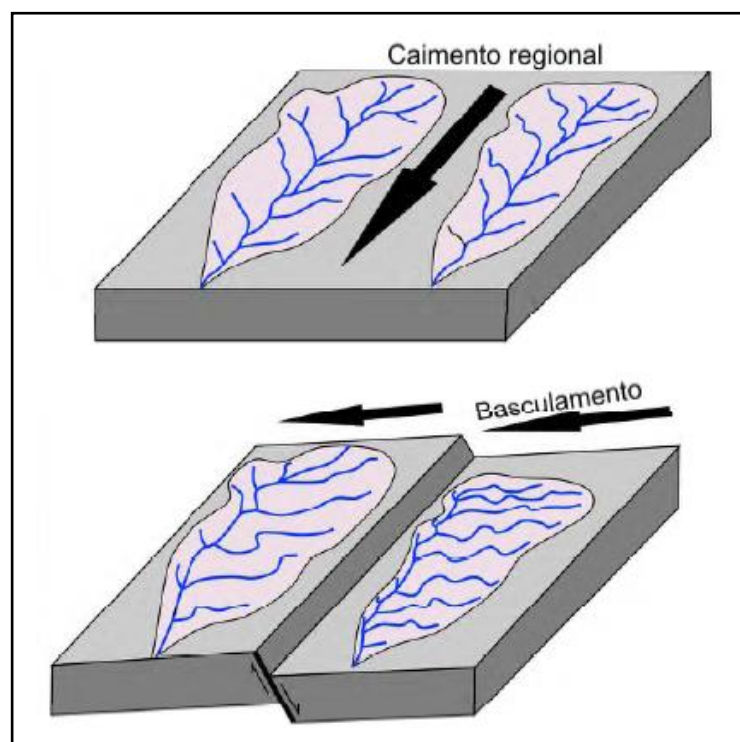
Ao se aproximar do baixo curso, as drenagens mostram-se mais sinuosas, serpenteando sobre terrenos de baixa variação topográfica.

Com relação ao FABD, Cherem *et al.* (2020) afirmam que este parâmetro indica se há migração lateral do rio principal e assimetrias nas áreas localizadas nas margens opostas da bacia, podendo ser resultantes de fatores como a estrutura, reorganização fluvial e tectonismo.

O FABD obtido para a bacia foi de 69, indicando basculamento tectônico da margem direita do rio, quando comparado às considerações de Salamuni, Ebert e Hasui (2004).

Bacias hidrográficas basculadas apresentam distinção na extensão dos tributários de um lado e do outro do eixo do rio principal devido à mudança lateral do canal em direção à porção mais abatida (BATEZELLI; LADEIRA; SANTOS, 2019) (Figura 8).

Figura 8 - Efeito de basculamento tectônico em bacias hidrográficas



Fonte: Batezelli, Ladeira e Santos (2019, p. 303).

Tabela 3 - Parâmetros morfométricos e valores obtidos para a bacia do rio Bagagem

Parâmetros	Valores
Relação de relevo - Rr	0,0039
Densidade hidrográfica - Dh	0,14 canais/km ²
Densidade de drenagem - Dd	0,74 km/km ²
Coefficiente de manutenção - Cm	1.351,35 m ² /m
Gradiente de canais - Gc	0,05 %
Índice de circularidade - Ic	0,14
Índice de sinuosidade do canal - Is	1,63
Fator de Assimetria da Bacia de Drenagem - FABD	69

Fonte: autora (2022).

Para a análise do FSTT foi utilizada a classificação proposta por Salamuni, Ebert e Hasui (2004), a qual considera cinco classes qualitativas, com níveis de assimetria que variam da seguinte forma: muito fraca (0 - 0,2), fraca (0,2 - 0,4), moderada (0,4 - 0,6), forte (0,6 - 0,8) e muito forte (0,8 - 1,0).

Levando-se em consideração que o FSTT possibilita interpretações sobre a migração ou afastamento do segmento avaliado, do total de 29 segmentos, 9 tiveram resultado com grau de assimetria muito fraco, 6 com grau de assimetria fraco, 8 com grau de assimetria moderado, 5 com grau de assimetria forte e 1 segmento com assimetria muito forte.

Os resultados do FSTT foram de 0,02, no segmento 2 (muito fraco), a 0,80, no segmento 18 (muito forte). Nos 9 primeiros segmentos foi identificada assimetria muito fraca e fraca, coincidindo com a área do alto curso do rio Bagagem.

Do 10º ao 22º segmento, os canais tenderam ao grau de assimetria moderado, forte e muito forte, equivalendo ao médio e início do baixo curso. E, do 23º ao 29º segmento, o grau de assimetria se deu de forma muito fraca, fraca e moderada (Tabela 4).

Pode-se interpretar o percentual significativo entre os segmentos com grau de assimetria moderado, forte e muito forte tendo por base o modelo de compensação isostática, com a adaptação dos canais aos blocos regionais, determinantes para os resultados do FSTT (SANTOS; MORAIS, 2017).

Conforme a morfologia do canal principal, nota-se que o vale apresentou maior simetria no alto curso, próximo aos dobramentos relacionados ao Lineamento Transbrasiliano. Nesta mesma porção da bacia, observa-se que o rio corre sobre um bloco tectonicamente rebaixado em forma de graben.

Apesar dos resultados do FSTT, não há como assegurar que seja um reflexo da tectônica recente, tendo em vista que os canais de modo natural migram lateralmente em direção à parte mais baixa do bloco basculado (LANA; CASTRO, 2012).

Tabela 4 - Resultados do fator de simetria topográfica transversal

Segmento	Da (km)	Dd (km)	Índice FSTT	Grau de assimetria	Direção
1	0,53	2,80	0,19	Muito fraco	311° 57' 20.12"
2	0,07	2,88	0,02	Muito fraco	297° 25' 30.12"
3	0,27	2,93	0,09	Muito fraco	118° 48' 37.48"
4	2,18	5,77	0,38	Fraco	142° 27' 25.01"
5	2,20	17,34	0,13	Muito fraco	175° 58' 28.25"
6	2,14	11,80	0,18	Muito fraco	112° 48' 55.74"
7	5,41	14,59	0,37	Fraco	117° 44' 9.66"
8	5,42	17,24	0,31	Fraco	155° 44' 8.13"
9	5,00	18,35	0,27	Fraco	155° 39' 22.36"
10	11,54	25,49	0,45	Moderado	106° 31' 50.26"
11	9,83	15,39	0,64	Forte	156° 17' 53.28"
12	9,82	15,23	0,64	Forte	126° 44' 25.54"
13	11,62	17,45	0,67	Forte	170° 2' 4.36"
14	8,32	13,45	0,62	Forte	140° 30' 56.62"
15	7,94	14,60	0,54	Moderado	156° 37' 18.22"
16	8,41	16,87	0,50	Moderado	156° 23' 5.49"
17	9,08	16,63	0,55	Moderado	137° 20' 32.25"
18	15,66	19,53	0,80	Muito forte	207° 20' 59.77"
19	6,20	11,11	0,56	Moderado	156° 2' 58.57"
20	6,83	11,35	0,60	Forte	155° 51' 27.53"
21	6,83	12,70	0,54	Moderado	175° 11' 4.3"
22	6,35	11,28	0,56	Moderado	188° 3' 41.73"
23	2,61	8,50	0,31	Fraco	195° 45' 12.7"
24	0,34	6,19	0,05	Muito fraco	203° 23' 19.89"
25	0,29	7,19	0,04	Muito fraco	156° 31' 55.97"
26	0,54	7,24	0,07	Muito fraco	357° 53' 53.82"
27	1,56	6,65	0,23	Fraco	343° 56' 35.3"
28	0,84	7,14	0,12	Muito fraco	323° 18' 15.99"
29	0,43	1,08	0,40	Moderado	173° 38' 32.04"

Fonte: autora (2022).

5 CONCLUSÕES

A geologia regional e suas especificidades, numa área de falhas em um sistema transcorrente, podem influir nos desvios da bacia do rio Bagagem, com possível tectonismo ressurgente subsequentes e continuados no tempo geológico.

Através da análise dos índices geomórficos mostrou-se a importância de se analisar feições consideradas anômalas na hidrografia e no relevo, possibilitando a identificação e seleção de setores com maior indicativo de perturbação, além de contribuir para o entendimento geomorfológico da bacia do rio Bagagem.

O sistema de falhas associado ao Lineamento Transbrasiliano e à Zona de Cisalhamento Cruz das Almas contribuem com o entalhamento dos principais cursos fluviais da bacia, se distribuindo nos sentidos preferenciais N-S e NE-SW.

Pode-se compreender que os tipos de rochas dominantes na área, a exemplo das sedimentares, metassedimentares e dos depósitos detrítico-lateríticos e aluvionares, tidas como permeáveis, favorecem a infiltração e dificultam o escoamento superficial na área de delimitação da bacia.

Verificou-se que os resultados da análise morfométrica, como a relação de relevo, densidade hidrográfica, densidade de drenagem e gradiente de canais, estão relacionados ao formato suave do relevo, com predomínio de altitudes entre 200 e 400 metros, principalmente no médio e baixo curso do canal principal, setores nos quais há escoamento superficial lento.

Sobre o coeficiente de manutenção, verificou-se uma extensa área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento e, ao mesmo tempo, um baixo número de canais, tendo como principais causas a existência de rochas sedimentares, metassedimentares e de depósitos detrítico-lateríticos e aluvionares, que favorecem a infiltração e a diminuição da velocidade de escoamento. Ademais, o reduzido número de canais pode ser também uma consequência da moderada potencialidade à escassez hídrica que ocorre em todos os municípios da região sudeste do Tocantins.

O índice de circularidade mostrou o formato alongado da bacia, com contribuições pluviais desconcentradas e que desfavorecem picos de cheias e inundações. Já o índice de sinuosidade apontou o padrão de canal meandrante.

Em relação ao fator de assimetria da bacia de drenagem (FABD), o resultado indicou o basculamento tectônico da margem direita do rio principal, vindo a caracterizar a atuação do tectonismo, assim como o resultado de fatores como a estrutura e reorganização fluvial.

Sobre o fator de simetria topográfica transversal (FSTT), pode-se interpretar um percentual significativo entre os segmentos com grau de assimetria moderado, forte e muito forte tendo por base o modelo de compensação isostática, com a adaptação dos canais de drenagem aos blocos regionais.

Com a aplicação de índices como o FABD e FSTT, averiguou-se ainda a existência de dinâmica diferencial na bacia a qual sugere controle tectônico de basculamento e quais setores estão sendo influenciados, com dobras e falhas ativas atuando no caráter assimétrico da rede de drenagem.

Confirmou-se, assim, tanto a influência das forças endógenas na configuração morfológica dos rios, como o tectonismo e a litologia, sem deixar de considerar outras implicações como as climáticas, hidrossedimentares e as mudanças de nível de base.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. M. de; MORAIS, F. Geomorfologia fluvial da bacia hidrográfica do ribeirão Jaú, Palmas, estado do Tocantins. **Brazilian Geographical Journal: Geoscience and Humanities research medium**, Uberlândia, v. 1, n. 2, p. 331-351, jul./dec. 2010.
- ALVES, J. M. de P.; CASTRO P. de T. A. Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. **Revista Brasileira de Geociências**, Ouro Preto, v. 33, p. 117-124, 2003.
- ASF DAAC 2015, ALOS PALSAR_Radiometric_Terrain_Corrected_low_res; Includes Material © JAXA/METI 2007. Accessed through ASF DAAC 11 November 2015. DOI: <https://doi.org/10.5067/JBYK3J6HFSVF>. Disponível em: <https://asf.alaska.edu/data-sets/sar-data-sets/alos-palsar>. Acesso em: 5 abr. 2021.
- BATEZELLI, A.; LADEIRA, F. S. B.; SANTOS, M. dos. Indicadores geomórficos aplicados à investigação de deformação tectônica: uma revisão. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 287-316, 2019.
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Legislativo, Brasília, DF, de 9 de janeiro. 1997. Seção 1. p. 470-474.
- CHEREM, L. F. S. *et al.* Análise morfométrica em bacias hidrográficas. *In*: BARROS, L. F. de P.; JÚNIOR, A. P. M. (org.). **Hidrogeomorfologia: formas, processos e registros sedimentares fluviais**. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2020. p. 175-215.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 188 p.
- CORRÊA, R. de S. **Deformação, alteração hidrotermal e mineralização aurífera associados ao granito Príncipe, distrito aurífero de Natividade**. 2014. 101 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Econômica e prospecção) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.
- COSTA, F. R. da; SOUZA R. F. de; SILVA, S. M. P. da. Análise comparativa de metodologias aplicadas à delimitação da bacia hidrográfica do rio Doce - RN. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 28, n. 3, p. 429-442, set./dez. 2016.
- DSG - Diretoria de Serviço Geográfico. Banco de Dados Geográficos do Exército. Disponível em: <https://www.dsg.eb.mil.br>. Acesso em: 6 ago. 2020.
- GIAROLA, I. B. S. *et al.* Aplicação do Índice Relação Declividade x Extensão no Ribeirão Carlos Alves - MG. *In*: **II Simpósio Mineiro de Geografia: Geografia e Contemporaneidades; IV Seminário de Pós-graduação em Geografia**. Juiz de Fora, MG: 2016. p. 1045-1058.

GORAYEB, P. S. de S. Geologia do Estado do Tocantins: Aspectos Gerais e Conhecimento Atual. In: MORAIS, F. de (org.). **Contribuições à Geografia Física do Estado do Tocantins**. Goiânia: Kelps, 2011. p. 19-45.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Banco de Dados de Informações Ambientais. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 ago. 2021.

LANA, C. E.; ALVES, J. M. de P.; CASTRO, P. de T. A. Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG - Brasil. **Revista Escola de Minas** [on-line]. v. 54, n. 2, p. 121-126, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0370-44672001000200008>. Acesso em: 9 nov. 2021.

LANA, C. E.; CASTRO, P. de T. A. Níveis de base fluviais: síntese dos principais condicionantes e dinâmica de instalação. **Brazilian Geographical Journal: Geoscience and Humanities research medium**, Uberlândia, v. 3, n. 1, p. 102-122, jan./jun. 2012.

LIMA, P. S. **Paisagem geomorfológica e potencial geoturístico do carste de Natividade e Chapada da Natividade, sudeste do Tocantins**. 2021. 154 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-graduação em Geografia - Universidade Federal do Tocantins, Porto Nacional, 2021.

MARQUES NETO, R.; MOREIRA, J. A.; SILVA, F. P. Aplicação de índices geomórficos para interpretação do quadro morfoestrutural e morfotectônico da bacia do Rio Paraibuna (MG). In: **II Simpósio Mineiro de Geografia: Geografia e Contemporaneidades; IV Seminário de Pós-graduação em Geografia**. Juiz de Fora, MG: 2016. p. 1059-1072.

MENDES, A. T. Delimitação da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio pela ferramenta de delimitação automática TauDEM. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 11, n. 3, p. 973-986, 2018.

MORAIS, F.; SANTOS, D. A. R dos. Assimetria de bacias hidrográficas e influências litoestruturais na geomorfologia do rio Formoso, TO. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 18, n. 61, p. 180-199, mar. 2017.

ROCHA, R. M. *et al.* Caracterização morfométrica da sub-bacia do rio Poxim-Açu, Sergipe, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 9, n. 2, p. 276-287, abr./jun. 2014.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia, FFLCH - USP**. v.6, 1992.

SAADI, A. Neotectônica da Plataforma Brasileira: esboço e interpretação preliminares. **Geonomos**. Revista de Geociências da UFMG, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 1-15, 1993.

SABOIA, A. M. **O vulcanismo em Monte do Carmo e litoestratigrafia do Grupo Natividade, estado do Tocantins**. 2009. 76 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

SALAMUNI, E.; EBERT, H. D.; HASUI, Y. Morfotectônica da bacia sedimentar de Curitiba. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 34, n. 4, p. 469-478, dez. 2004.

SANTOS, D. A. R. dos. **A rede de drenagem e seu significado geomorfológico: anomalias de drenagens e tectônica recente na bacia do Rio Formoso, Tocantins.** 2016. 157 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-graduação em Geografia - Universidade Federal do Tocantins, Porto Nacional, 2016.

SANTOS, A. R. **Delimitação de bacias hidrográficas no TauDEM com o QGIS.** Publicado pelo canal Mundo da Geomática, 2020. Disponível em: <https://youtu.be/VVycRXkJJWw>. Acesso em: 5 abr. 2021.

SEPLAN - Secretaria do Planejamento e da Modernização da Gestão Pública. **Atlas do Tocantins:** subsídios ao planejamento da gestão territorial. Palmas: SEPLAN, 2012. 80 p. Disponível em: <https://www.to.gov.br/seplan/atlas-do-tocantins/1asvwxbj530d>. Acesso em: 20 jan. 2022.

SEFAZ - Secretaria da Fazenda e Planejamento. **Delimitação e caracterização cartográfica das áreas vulneráveis a escassez hídrica na região sudeste do estado do Tocantins.** Palmas: SEFAZ, 2019. 592 p. Disponível em: <https://www.to.gov.br/seplan/sudeste-do-estado-do-tocantins/6vw0ov1iqwlb>. Acesso em: 02 jun. 2022.

SOARES, L. S. *et al.* Análise morfométrica e priorização de bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado. **Revista do Departamento de Geografia,** São Paulo, v. 31, p. 82-100, 2016.