

## ASSIMETRIA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS E INFLUÊNCIAS LITOESTRUTURAIS NA GEOMORFOLOGIA DO RIO FORMOSO, TO

**Daniel Araujo Ramos dos Santos**

Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-graduação em Geografia, Porto Nacional, TO, Brasil  
[daniel.a.sants@hotmail.com](mailto:daniel.a.sants@hotmail.com)

**Fernando Morais**

Universidade Federal do Tocantins, Professor do Programa de Pós-graduação em Geografia, Porto Nacional, TO, Brasil  
[morais@uft.edu.br](mailto:morais@uft.edu.br)

*Recebido em: 03/10/16; Aceito em: 17/03/17*

### RESUMO

Os estudos dos canais fluviais por meio de parâmetros quantitativos e observações qualitativas, podem subsidiar diversas discursões sobre morfogênese e morfodinâmica do relevo, haja vista o importante papel dos rios na evolução do relevo. Assim, o presente trabalho avaliou os aspectos de assimetria da bacia hidrográfica do rio Formoso, TO, a partir da aplicação de parâmetros geomórficos e da análise lito-estrutural e geomorfológica. Para tanto foram utilizadas imagens de satélite, dados de mapeamentos geológicos regionais. Os dados foram trabalhados com uso do Geoprocessamento juntamente com observações de campo. Os resultados apontam que a bacia está estabelecida sobre complexos granulíticos, faixas móveis e extensas coberturas sedimentares. O rio Formoso é de oitava ordem, com área de 21.593 km<sup>2</sup> e 20.628 km de canais. Foram aplicados os índices geomórficos: Fator de Assimetria da Bacia de Drenagem (FABD) e Fator de Simetria Topográfica Transversal (FSTT). A bacia possui 76% de área à direita do canal principal, área com predomínio de relevos suavemente ondulados e fortemente ondulados. O caimento do terreno é maior no médio e baixo curso, no sentido da Bacia Sedimentar do Bananal. A abordagem assumida neste trabalho mostrou-se adequada para o entendimento do relevo de áreas com tectônica recente.

**Palavras-chave:** Geomorfologia fluvial; Índices geomórficos; Tectônica cenozóica.

### ASYMMETRY OF BASINS AND LITHOSTRUCTURAL INFLUENCES ON THE GEOMORPHOLOGY OF FORMOSO RIVER, TO.

#### ABSTRACT

The studies of the fluvial channels through quantitative parameters and qualitative observations, can subsidize several discourses on morphogenesis and morphodynamics of the relief, considering the important role of the rivers in the evolution of the relief. Thus, the present study evaluated the aspects of asymmetry of Formoso catchment, Tocantins state, from the application of geomorphic parameters and lithostructural and geomorphological analysis. For this purpose, was used satellite images and regional geological mapping data. The data was processed using Geoprocessing systems together with field observations. The results indicate that the basin is based on granulitic complexes, moving bands and extensive sedimentary coverages. The Formoso river is of the eighth order, with an area of 21,593 km<sup>2</sup> and 20,628 km of streams. The geomorphic indexes were applied: Drainage Basin Asymmetry Factor (FABD) and Transverse Topographic Symmetry Factor (FSTT). The basin has 76% of area to the right of the main channel, an area with predominantly gently undulating and strongly undulating reliefs. The ground deep is higher in the middle and lower courses, towards the Bananal Sedimentary Basin. The approach assumed in this work was adequate for the understanding of the relief of areas with recent tectonics.

**Keywords:** Fluvial geomorphology; Geomorphic index; Cenozoic tectonic.

## INTRODUÇÃO

No contexto geral das Geociências, têm sido crescentes os trabalhos pautados na análise dos componentes do relevo através de parâmetros diretos e indiretos, com os sistemas hidrográficos como recortes espaciais. Considera-se que os estudos relacionados aos cursos fluviais por meio de métodos sistêmicos e racionais, como parâmetros quantitativos, podem levar ao esclarecimento de várias questões acerca da morfogênese e morfodinâmica da paisagem, considerando que a rede de drenagem é proeminente na compartimentação do relevo (IBGE, 2009).

A análise morfotectônica tem se destacado junto aos estudos dos sistemas fluviais por meio de métodos sistêmicos e racionais, com a aplicação de parâmetros quantitativos correlacionados às questões qualitativas do relevo (MISSURA, 2013). Este ramo da Geomorfologia apresenta um conjunto de abordagens significativas para o estudo da morfogênese, permitindo diagnósticos com vista à compreensão de eventos quaternários, e também a suscetibilidade dos ambientes às mudanças abruptas (HIRUMA, 1999). Vale reforçar que nesta conjuntura, a Morfotectônica se sobressai como um competente instrumento de identificação de movimentos que moldam a arquitetura das formas do relevo (PANIZZA et al., 1987; SUGUIO, 2010).

Suguió (2000) discorre etimologicamente sobre o termo “Morfotectônica”, como palavra advinda do grego “*Morphétektonikos*”, sendo a junção dos vocábulos “*Morphé*” (Forma) + “*Tektonikos*” (Tectônica). Assim, o autor apresenta tal conceito como um conjunto de ferramentas úteis para a identificação do efeito dos movimentos crustais no relevo, descritos como anomalias geomorfológicas. Na mesma perspectiva, Migoñ (2004) busca esclarecer que a Morfotectônica é um instrumento prático para Geomorfologia no diagnóstico de influências tectônicas na paisagem, afirmando que sua análise “utiliza as formas de relevo, ou quaisquer outras características de superfície (por exemplo, padrões de drenagem), como uma chave para inferir a existência de “efeitos tectônicos” (tradução não oficial).

Trabalhos como aqueles de Cox (1994), Salamuni (1998), Ibanez (2012) e Revilla (2012), por focarem a análise morfométrica e geomórfica de bacias hidrográficas e sua coligação com implicações lito-estruturais, têm se destacado por sua utilidade na compreensão do nível de atividade tectônica em diversas regiões, possibilitando fazer inferências sobre as causas dos ajustes longitudinais e laterais em sistemas fluviais (HOLBROOK; SCHUMM, 1999; IBGE, 2009). Neste sentido, Suguió (2010) expõe várias possibilidades de investigação por meio da interpretação geomorfológica, dando destaque ao estudo instrumentalizado (pela morfometria) da rede de drenagem e geoformas correlatas.

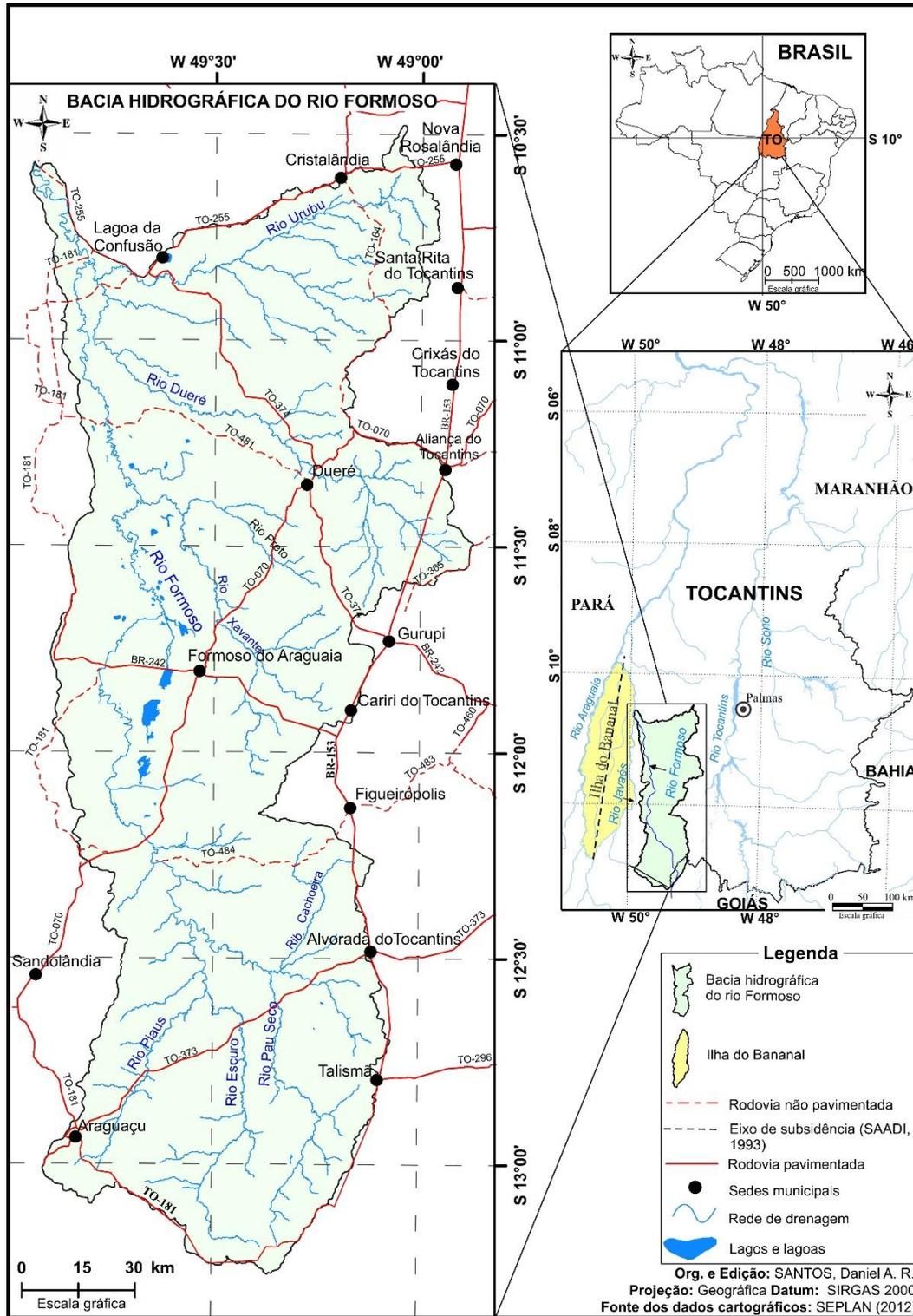
No atual estágio de desenvolvimento da ciência geomorfológica no Brasil, é explícita a necessidade de estudos que contemplem com maior grau de detalhamento o efeito das forças endógenas na configuração morfológica dos rios que drenam os compartimentos de relevo da Bacia Sedimentar do Bananal e suas adjacências. Esta necessidade se atesta através de uma revisão por trabalhos que abordam a investigação geomorfológica no Estado do Tocantins e, desta forma, notou-se que não há estudos sobre efeitos tectônicos no desenvolvimento dos sistemas fluviais, salvo os trabalhos de Morais e Santos (2013) e Santos (2016). Os poucos trabalhos que se aproximam desta temática se atentaram às abordagens estruturais da paisagem no amplo contexto da Amazônia Legal. Destacam-se os estudos de cunho geológico e as contribuições sobre “tectônica ressurgente” ou Neotectônica, realizadas por Costa et al. (1996), e em aspecto de hipótese, as afirmações de Hasui (1990) e Saadi (1993), que apontam que a região da Ilha do Bananal está em processo de subsidência desde o Mioceno. Também as contribuições de Valente (2007) sobre a paleohidrologia, paleogeomorfologia e controles físicos na evolução das unidades geoambientais do alto e médio curso do rio Araguaia.

O presente estudo buscou contribuir para a análise de aspectos de assimetria da bacia hidrográfica do rio Formoso e de suas sub-bacias, por meio da aplicação de parâmetros geomórficos correlacionados à conjuntura geológica e geomorfológica. A bacia hidrográfica do rio Formoso está localizada entre os paralelos 13° 08' 00" S e 10° 27' 43" S e os meridianos 50° 21' 49" W e 48° 52' 56" W (Figura 1).

O clima da região é caracterizado como úmido com moderada deficiência hídrica. Possui duas estações bem definidas, sendo o inverno com estiagem de 4 a 5 meses, e o verão com chuvas

iniciando-se em setembro, e intensificando-se até abril do ano seguinte. A precipitação média anual é de 1.700 mm (SEPLAN, 2012). O nível de base deste sistema fluvial situa-se na maior bacia sedimentar intracratônica do Quaternário na América do Sul (Bacia Sedimentar do Bananal); um baixo estrutural ainda pouco estudado que está em processo de subsidência, fato que em tese pode influenciar a dinâmica dos sistemas fluviais (VALENTE, 2007).

**Figura 1.** Representação da área de estudo: mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Formoso no contexto do Brasil, Tocantins e região da Ilha do Bananal.



Fonte: Santos (2016)

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do trabalho, optou-se em parte, pelo método geomorfológico de averiguação proposto por Abreu (1976), que considera uma correlação entre os dados quantitativos e qualitativos, além da proposta do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2009) de interpretação geomorfológica em etapas.

Foram utilizados na investigação geológica os dados vetoriais das folhas Tocantins (SC.22) e Goiás (SD.22), na escala de 1:1.000.000 (FARACO et al., 2004 e LACERDA FILHO et al., 2004), além de dados estruturais do mapeamento sistemático do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na escala de 1:250.000, para a Amazônia Legal (IBGE, 2007).

Foram utilizados os mosaicos de imagens do satélite ALOS, sensor AVNIR-2, com resolução espacial de 10 m, disponibilizados pelo IBGE, do ano de 2010, além de imagens do mosaico Geocover 2000, adquiridas gratuitamente no site *Earth Explorer* do Serviço Geológico Americano (*United States Geological Survey - USGS*). Para a avaliação geomorfométrica do relevo da bacia, utilizou-se os dados do Projeto TOPODATA, refinados em 1 arco-segundo, sendo a altimetria, declividade, curvaturas vertical e horizontal e imagens derivadas de relevo sombreado (VALERIANO, 2008).

Com uso do *software* SPRING 5.3, foi construído um banco de dados geográficos, sendo feita a combinação multiespectral de bandas, contrastes, reamostragens e classificações das imagens. No *Global Mapper 12.1* foi feita a vetorização do divisor de águas a partir da interpretação dos dados do TOPODATA, a vetorização e interpretação hierárquica da rede de drenagem na escala de 1:40.000, compatível com as imagens ALOS. Para suprir áreas com densa cobertura de nuvens nas imagens ALOS, utilizou-se o mosaico de imagens Geocover. O valor de referência da escala partiu das indicações de Boggione et al. (2009) e Meneses (2012), que sugerem escalas correspondentes às resoluções e propriedades radiométricas de sensores com características semelhantes ao AVNIR-2.

A exemplo de Salamuni (1998), e Ibanez (2012) e Revilla (2012), as sub-bacias delimitadas foram utilizadas como unidades para a análise morfotectônica, sendo feito um comparativo entre os sistemas. Foram aplicados os índices geomórficos FSTT (Fator de Simetria Topográfica Transversal) e o FABD (Fator de Assimetria da Bacia de Drenagem).

O Fator de Simetria Topográfica Transversal (FSTT), proposto por Cox (1994), é indicado para se entender o comportamento dos canais fluviais em relação ao arcabouço geológico e às implicações estruturais, que podem influenciar na forma do vale fluvial ou da bacia, de maneira geral, podendo ser simétrico ou assimétrico. Sua determinação se dá a partir da razão entre a distância da linha média de meandro ativo para a linha média da bacia ( $D_a$ ) e a distância desta mesma linha para o divisor topográfico ( $D_d$ ):

$$FSTT = \frac{D_a}{D_d}$$

Inicialmente, foi definida a linha média de meandros, sendo feita uma caixa poligonal que envolveu o trecho selecionado de 5 km de comprimento do canal principal, envolvendo toda a dimensão linear da drenagem, sendo a medida levantada correspondente ao vetor médio do polígono (REVILLA, 2012). Para determinar a linha média da bacia, utilizou-se os divisores de água e a linha do eixo vetorial. No *Global Mapper* foi traçado uma linha do exutório até a porção mais extrema da bacia. Em seguida, foram traçadas diversas linhas perpendiculares ao eixo vetorial, gerando-se os *midpoints* destes vetores, e secundariamente a transformação destes pontos médios em uma linha, correspondendo à linha média da bacia.

Com o uso destes parâmetros, foram obtidos os valores de  $D_a$  e  $D_d$ , organizados em uma planilha geocodificada por sub-bacias. O último passo foi utilizar esta planilha aplicando a equação anteriormente descrita na calculadora de campo do *software* QUANTUM GIS (QGIS) 2.8.2 obtendo, portanto, valores de média por sub-bacias, e também valores por segmento medido, totalizando 325 segmentos na bacia do rio Formoso. Segundo Cox (1994), os valores

de FSTT próximos a 1 (onde o canal estaria sobre o limite da bacia) tendem a revelar vales fluviais assimétricos, enquanto que valores próximos a 0 representam vales fluviais simétricos, com pouco ou nenhum controle tectônico. Revilla (2012) aponta que a aplicação do FSTT pode revelar o valor médio do basculamento de uma bacia, e também a direção (azimutal) do vetor de assimetria.

Ainda com o QGIS, foi realizada a interpolação dos dados de FSTT através do método *Inverse Distance Weighting (IDW)*, que relaciona a média ponderada entre a distância dos pontos avaliados (CAMARGO et al., 2004). Para Landim (2000), o *IDW* é um interpolador local e determinístico, que é indicado quando as amostras do perímetro avaliado apresentam boa distribuição, e quando se quer evitar a extrapolação dos valores mínimos e máximos conhecidos, recomendado para se identificar anomalias locais e suas distribuições espaciais.

Outro índice utilizado para o rastreamento de efeitos neotectônicos, foi o Fator de Assimetria da Bacia de Drenagem (FABD) (SALAMUNI, 1998) ou Fator de Assimetria (AF) proposto por Keller e Pinter (1996) para detectar basculamentos tectônicos da bacia em sua totalidade. A determinação deste índice se dá da seguinte maneira: multiplica-se por 100 a razão entre a área à direita do canal principal ( $A_r$ ) e a área total da bacia ( $A_t$ ):

$$FABD = 100 \left( \frac{A_r}{A_t} \right)$$

Para se obter o valor de  $A_r$ , o polígono de cada sub-bacia é dividido em duas partes, considerando a posição e sentido do canal principal. Os valores encontrados muito próximos ou iguais a 50 indicam pouca ou nenhuma atividade tectônica, enquanto aqueles bem menores ou bem maiores que 50 indicam basculamentos das margens direita e esquerda, respectivamente (SALAMUNI et al., 2004).

Com uso do programa *OpenStereo*, foram elaborados diagramas de rosetas, que fazem a representação do sentido azimutal das falhas e fraturas ocorrentes na área de estudo.

Além dos trabalhos com imagens de satélite, foram realizados vários trabalhos de campo a fim de validar várias observações dos aspectos fluviais, topográficos e geomorfológicos feitas em laboratório.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICOS

A análise do levantamento morfométrico realizado por Santos (2016) indica que a bacia hidrográfica do rio Formoso é de oitava ordem, ocupa uma área de 21.593 km<sup>2</sup> e possui 11.393 canais, totalizando 20.628 km de rede de drenagem. O sistema fluvial está inserido na borda oeste da Província Tocantins, no setor setentrional, que é delimitado a sul pelas sequências de falhas do Lineamento Transbrasiliano, a sudoeste e noroeste pelo Cráton Amazônico, a sudeste pela Província São Francisco e a nordeste pela Província Parnaíba (FARACO et al., 2004; LACERDA FILHO et al., 2004).

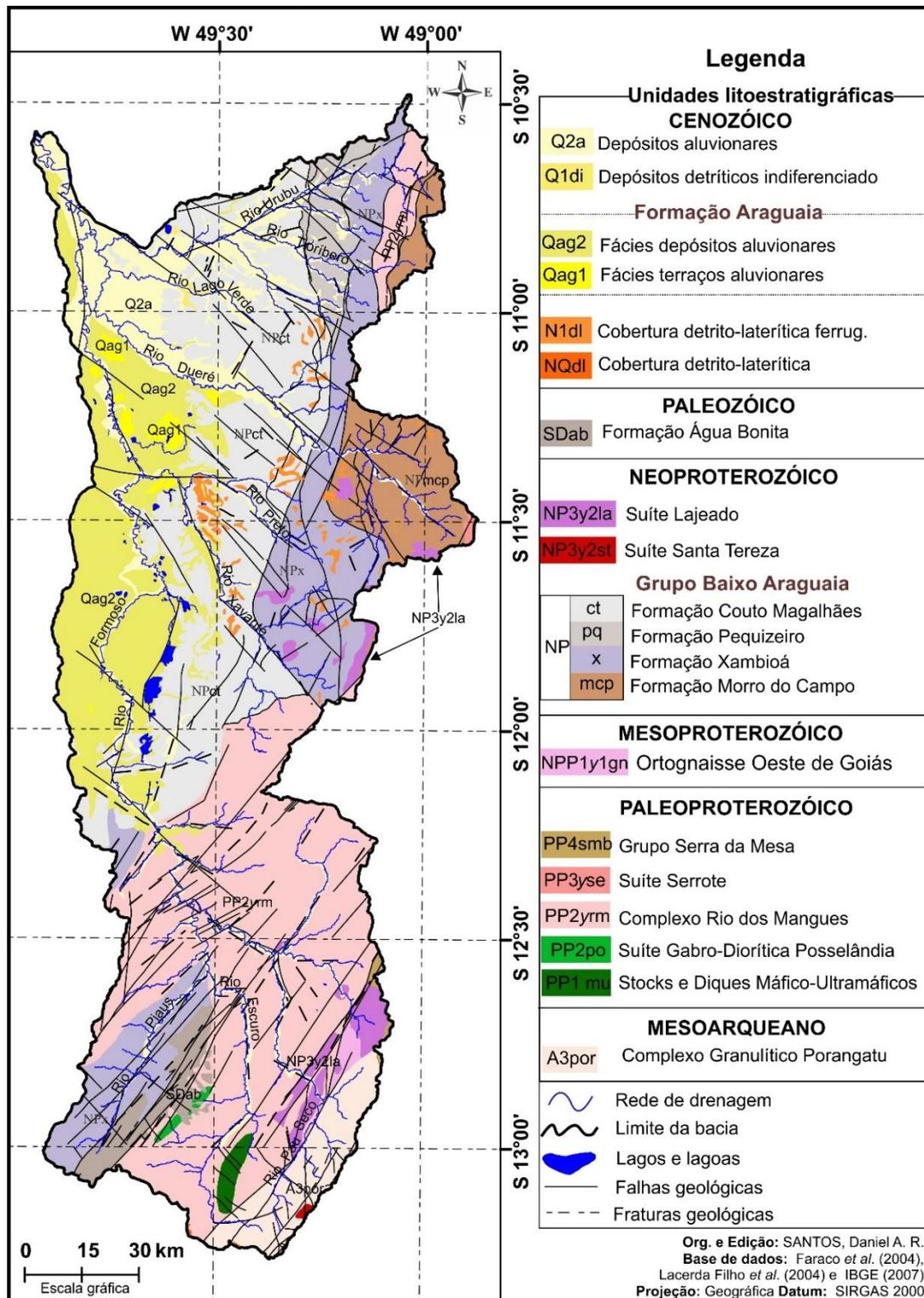
O Arco Magmático de Goiás é um conjunto de rochas mesoarqueana, constituído pelo Complexo Granulítico Porangatu, onde se localizam as cabeceiras dos rios Pau Seco e Escuro, principais tributários do Rio Formoso no alto curso (Figura 2) (LACERDA FILHO et al., 2004).

O Complexo Rio dos Mangues é uma unidade paleoproterozóicas que abrange 25,5% da área de estudo, definida por Hasui (1977) como uma unidade do Grupo Tocantins. As demais unidades paleoproterozóicas correspondem a 0,8% da área, sendo representadas pelo Grupo Serra da Mesa, as suítes Serrote e Gabro-Diorítica Posselândia, além de *Stocks* e Diques Máficos-Ultramáficos.

O Grupo Baixo Araguaia é constituído por formações neoproterozóicas associadas ao Cinturão Araguaia, sendo de maior destaque na área de estudo as formações Couto Magalhães e

Xambioá, que ocupam 30% de área, compostas por rochas metassedimentares como filitos, metargilitos e quartzitos. Na Formação Couto Magalhães destacam-se as litologias carbonáticas, situadas nas depressões, constituindo morros testemunhos (OLIVEIRA, 2014; SANTOS, 2016). O Grupo Baixo Araguaia é composto ainda pela Formação Pequizeiro, constituída principalmente por xistos com intercalações de quartzitos e variações de quartzito leitoso, incolor ou transparente, e a Formação Morro do Campo, composta por xisto aluminoso.

Figura 2. Mapa das unidades lito-estruturais da área de estudo.



Fonte: Santos (2016)

A Bacia Sedimentar Água Branca é uma unidade paleozoica situada na região sudoeste do rio Formoso, no município de Araguaçu – TO (Figura 2) (VALENTE, 2007). Segundo Carvalho (2011), esta bacia sedimentar é constituída pela a Formação Água Bonita, composta por arenitos com granulometria média e grossa, e localmente conglomeráticos, tendo intercalações de siltito micáceo. Em campo, foram observados afloramentos de arenitos com estratificação horizontal, com tons que variam entre branco, amarelo e vermelho, recobertos por horizontes pedogeneizados, com ocorrência de laterização.

A Bacia Sedimentar do Bananal é um amplo compartimento intracratônico, caracterizando um baixo estrutural cenozóico com 106.000 km<sup>2</sup> estabelecido no médio curso do rio Araguaia (SILVA et al., 2003; LIMA; JUNIOR, 2003). A Formação Araguaia é a unidade cenozóica de maior expressão espacial na área da bacia hidrográfica do rio Formoso (14,6%), datada em 23 milhões de anos (VALENTE, 2007). A unidade apresenta pacotes de deposição com espessura entre 170 e 320 m, com diversas camadas intercaladas de areia, silte, argila e conglomerado basal, constituindo fácies de depósitos aluvionares e de terraços aluviais (BRASIL, 1981; SILVA et al., 2003).

Na área de estudo, os depósitos aluvionares holocênicos foram identificados de forma mais clara nos fundos de vales e juntos aos rios com dinâmica de deposição acelerada, ocupando 12,3% da área da área de estudo, constantemente retrabalhada pelas ações dos rios no período de cheia (VALENTE, 2007; SANTOS, 2013).

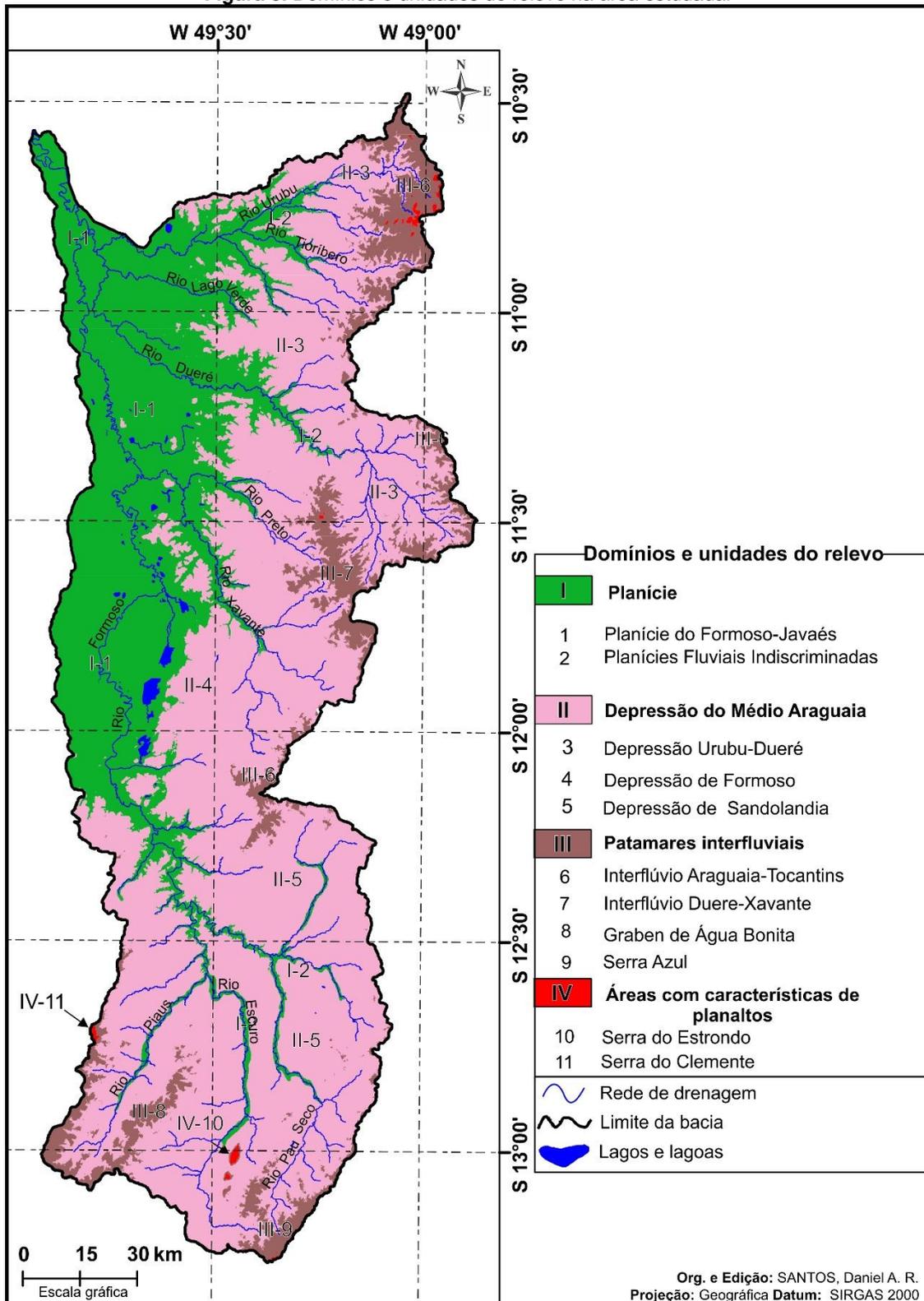
Em uma perspectiva geomorfológica regional, os domínios geotectônicos podem ser entendidos como domínios morfoestruturais na área de estudo, correspondendo ao primeiro táxon na análise geomorfológica (SILVA; RODRIGUES, 2009). As morfoestruturas na bacia do Rio Formoso são o embasamento em estilos complexos do Arco Magmático de Goiás, o Cinturão Móvel Araguaia (IBGE, 2007), as coberturas quaternárias da Bacia Sedimentar do Bananal e a Bacia Sedimentar Água Branca.

As unidades do relevo ou domínios morfoesculturais correspondem ao 2º táxon na compartimentação, sendo definidas como o agrupamento de sistemas com morfologias semelhantes (IBGE, 2009). São unidades topograficamente distinguíveis, com gênese relacionada a ação morfoclimática sobre a estruturação dos conjuntos regionais. No mapeamento aplicado no rio Formoso (SANTOS, 2016), identificaram-se quatro morfoesculturas, sendo três destas descritas pelo RADAMBRASIL como “Planície Araguaia-Javaés” (I), “Depressão do Médio Araguaia” (II) e “Patamares Interfluviais” (III) (BRASIL, 1981), e uma classificada neste estudo como “Áreas com características de planaltos” (IV) (Figura 3).

Os dados topográficos da bacia revelam a ocorrência de picos e conjuntos locais escarpados, sendo morros testemunhos dispersos entre as unidades de Depressão e Patamares Interfluviais. Por se tratar de áreas de pouca expressão no mapeamento, não foi possível associá-las à unidade de planalto. De tal maneira, optou-se por diferenciá-las das demais como uma unidade que agrupa “Áreas com características de planaltos” (IV) (Figura 3). Destaca-se ainda a Serra do Clemente com 460 m na porção mais alta do Graben de Água Bonita, a Serra do Estrondo no alto curso com 650 m/alt, composta por *stocks* ultra-máficos.

O domínio de Planície (I) foi subdividido em duas unidades morfológicas, sendo possível diferenciá-las a partir da interpretação dos conjuntos litoestratigráficos, pedológicos, e dos processos morfodinâmicos e morfogênicos. Confinada entre 160 e 220 m, a Planície Formoso-Javaés (I-1) é uma unidade constituída em maior parte pela Formação Araguaia, com material sedimentar de idade pleistocênica (VALENTE, 2007). Essas áreas que compõe a unidade mapeada foram descritas por Brasil (1981) como Planos Abaciados de Inundação, modelado com gênese relacionada à inundação de grandes áreas (IBGE, 2009). Já as Planície Fluviais indiscriminadas (I-2) (Figura 3), correspondem ao conjunto de diversos modelados relacionados à gênese fluvial, permeando os maiores sistemas fluviais no baixo, médio e parte do alto curso da bacia do rio Formoso. A unidade morfológica I-2 é composta por sedimentos inconsolidados arenoargilosos, sazonalmente retrabalhados pelos fluxos superficiais, em um ambiente de deposição recente (depósitos holocênicos aluvionares).

Figura 3. Domínios e unidades do relevo na área estudada.



Fonte: Santos (2016)

A Depressão do Médio Araguaia (II) é um compartimento que se estende do alto ao baixo curso da bacia do rio Formoso na direção S-N. É constituída por subunidades morfológicas situadas entre 220 e 350 m, com superfícies regionais em diversos níveis topográficos. No alto curso, esta unidade corresponde aos complexos granulíticos com fortes aspectos de dissecação, e no baixo

e médio curso a modelagem escultural ocorre sobre as formações Couto Magalhães, Xambioá e Pequizeiro, com um relevo fortemente desnudado, conservando aspectos de fases aplainamento, tendo em vista a coberturas lateríticas recorrentes também nestas superfícies.

No médio curso da bacia, os rios Xavante e Preto (Figura 3) são os principais eixos de escoamento do fluxo fluvial, dissecando os patamares interfluviais a leste, entre as cidades de Dueré, Gurupi e Alvorada. Os tributários destes sistemas estão estabelecidos predominantemente na Depressão do Araguaia, sendo a superfície de aplainamento denominada Depressão Formoso (II-4), compartimentada entre os interflúvios do ribeirão Cachoeira (III-6) e do rio Dueré (III-7). Na porção noroeste da bacia, entre as cidades de Dueré e Formoso do Araguaia, observam-se modelados relacionados a dissecação diferencial marcados por uma superfície com intercalações morfológicas suave onduladas a fortemente onduladas, com planos de colinas constituídas de rochas metamórficas e metassedimentares (III-7) (IBGE, 2007).

### INDICADORES ESTRUTURAIS: QUADRO TECTÔNICO DA ÁREA DE ESTUDO

O mais antigo conjunto estrutural na área de estudo é o Lineamento Transbrasiliano (SAADI, 1993). As expressões rúpteis demonstram relação espacial com a Faixa Móvel Araguaia. Alguns autores sugerem que a orogenia proterozóica estabeleceu cadeias montanhosas e extensos sistemas de falhas, e que desde sua origem, o lineamento sofreu diversas fases de reativação, com um importante papel na estruturação e sedimentação da Bacia Sedimentar do Parnaíba (BRASIL, 1981; HASUI et al., 2012). Na área de estudo, Valente (2007) e Carvalho (2011) observaram que este sistema de falhas condicionou o Graben de Água Bonita, e sequencialmente à Bacia Sedimentar Água Branca.

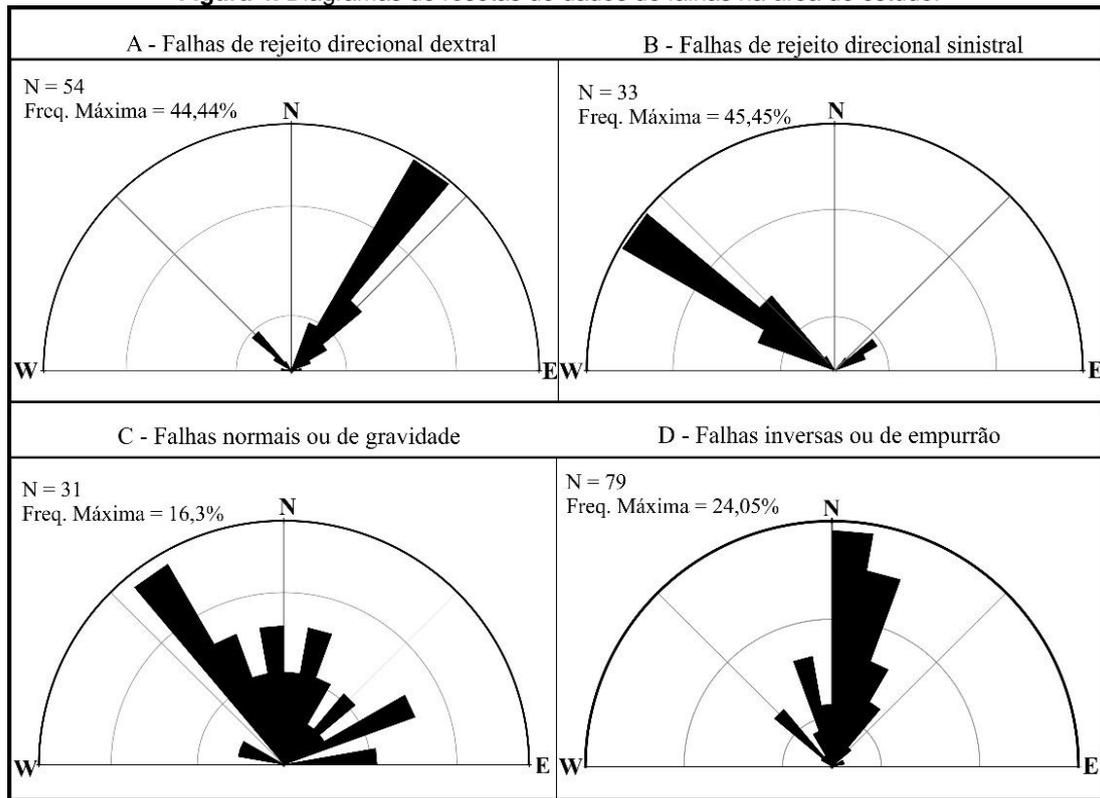
O Lineamento Tocantins-Araguaia é outro conjunto estrutural presente na área de estudo, primeiramente definido pelo geólogo Wilhelm Kegel em 1965, que observou que o mesmo acompanha, em parte, a orientação da Faixa Araguaia (S-N), e também conjuntos de falhas alinhadas no *trend* SE-NW, no contato entre o setor setentrional da Província Tocantins e o Cráton Amazônico (CHAMANI, 2011). Observou-se que este lineamento aparece com a maior parte de suas estruturas orientadas perpendicularmente ao Lineamento Transbrasiliano.

A análise dos dados estruturais apontou quatro direções preferenciais das falhas e fraturas na área de estudo, sendo SW-NE, S-N, SE-NW, em menor expressão, um grupo de falhas em E-W. A análise do conjunto de dados mostra que concentração de falhas e fraturas entre N30°E e N40°E (16,98%), e especificamente, as fraturas apresentam uma maior concentração entre N20°E e N30°E (16,87%).

Foram identificados seis tipos de lineamentos estruturais, com regimes de tensão distensivo, compressivo e transcorrente, cabendo aqui ressaltar que a identificação destes sistemas se deu a partir dos mapeamentos existentes para a área, realizados por Lacerda Filho et al. (2004), Faraco et al. (2004) e IBGE (2007). O primeiro grupo apresentou falhas normais; o segundo, falhas de empurrão e o terceiro corresponde a dois conjuntos de falhas de rejeito direcional (tanto dextral, quanto sinistral). 22% dos dados estruturais utilizados no estudo não possuem classificação dos tipos de falhas.

As falhas transcorrentes correspondem a 24,03% dos lineamentos na bacia, com maior frequência no alto curso, sendo em sua maioria de regime dextral (Figura 4). As falhas normais correspondem a 9% dos dados de lineamentos, com maior ocorrência na Planície Araguaia-Javaés. A frequência máxima dos regimes distensivo e compressivo na área de estudo correspondem, respectivamente, aos rumos N50°W e N40°W e N40°E e N30°E. No médio e baixo cursos, os planos de falhas normais condicionam trechos retilíneos na planície fluvial (SANTOS; 2016), indicando um regime de distensão no arcabouço da bacia sedimentar, recoberto por sedimentos da Formação Araguaia.

**Figura 4.** Diagramas de rosetas de dados de falhas na área de estudo.



Fonte: Santos (2016)

Por se tratar de um extenso conjunto constituído de coberturas quaternárias, a Bacia Sedimentar do Bananal (nível de base do rio Formoso) expõe influências das estruturas rúpteis no arranjo da rede de drenagem regional, como a adaptação de muitos rios às linhas de falhas, ou ainda o abandono de canais e a reativação de paleodrenagens (BEMERGUY; COSTA, 1991; COSTA et al., 1996). Neste compartimento destaca-se a Ilha do Bananal, onde Hasui (1990) e Saadi (1993) assinalam que a região de planície está submetida a processos de subsidência, possivelmente relacionados às reativações quaternárias.

No alto curso, o rumo do canal principal e dos rios mais maduros de 5<sup>a</sup>, 6<sup>a</sup>, 7<sup>a</sup> e 8<sup>a</sup> ordem, se encaixam em zonas de cisalhamento do Lineamento Transbrasiliano, no sentido nordeste; além de condicionamentos da drenagem pelo Lineamento Tocantins-Araguaia, com regimes compressivos e extensivos, apontados para noroeste e norte na área de estudo (Figura 4). Esta relação apresenta feições de reflexos de adaptação e imposição de vários segmentos dos rios às falhas, com inflexões abruptas e trechos com “cotovelos” com ângulos retos e canais retilíneos (SANTOS, 2016).

As planícies fluviais no nível de base apresentam várias sequências de curvas abruptas dos rios, talvez condicionadas por uma sequência de *trends* estruturais de natureza transcorrente, dispostos perpendicularmente ao canal fluvial. Destaca-se as sequências observadas nos rios Dueré, Urubu e Formoso, que não exibem blocos rochosos, no entanto, fica claro que estes lineamentos foram observados nos materiais inconsolidados, cuja a base da sedimentação são Coberturas Detrito-Lateríticas do Neógeno (FRASCA; LIMA, 2010).

As falhas inversas concentram-se no médio e baixo curso da bacia, na Depressão do Médio Araguaia, com maior frequência nos eixos S-N e NE-SW, onde se localiza grande parte dos contatos litológicos entre formações neoproterozóicas. Nestes contatos do baixo curso, notam-se falhas escalonadas, que refletem um esforço compressivo com direção E-W; uma nítida diferenciação da rugosidade do relevo de leste para oeste, configurando as áreas mais elevadas da porção leste no baixo curso da bacia; a imposição dos sistemas Urubu e Dueré ao conjunto de falhas de empurrão e litologias associadas principalmente à Formação Xambioá.

### INDICADORES GEOMÓRFICOS: ANÁLISE DOS DADOS DE FABD E FSTT

Com base nos mapeamentos realizados, calculou-se o FABD da bacia do rio Formoso, tanto por setores topográficos (alto, médio e baixo cursos) (Tabela 1), quanto por sub-bacias (Tabela 2). A área total (At) mapeada foi de 21.593 km<sup>2</sup>, com uma porção à direita do canal principal (Ar) de 15.171 km<sup>2</sup> (Tabela 1).

**Tabela 1.** Valores relacionados ao cálculo do FABD dos setores da área de estudo.

Setores	Lado esquerdo (km <sup>2</sup> )	Lado direito (km <sup>2</sup> )	Total (km <sup>2</sup> )	FABD
Alto curso	4.464	3.388	7.851	43
Médio curso	1.421	4.614	6.035	76
Baixo curso	537	7.170	7.707	93
Total (Rio Formoso)	6.422	15.171	21.593	70

Fonte: Santos (2016)

Na Tabela 2 são apresentados os parâmetros utilizados para se chegar aos valores de FABD por sub-bacias. Destacam-se na tabela as sub-bacias com forte assimetria do lado esquerdo (ribeirão Água Verde; em azul), e forte assimetria para o lado direito (ribeirão Grota da Mata; em vermelho).

**Tabela 2.** Valores relacionados do FABD por sub-bacias hidrográfica da área de estudo.

Setores	Sub-bacias	Área (km <sup>2</sup> )	Área à direita (km <sup>2</sup> )	FABD	Assimetria
ALTO CURSO	Córrego Larga	96	67	70,1	Mod. para esquerda
	Córrego Vargem Grande	230	151	65,7	Mod. para esquerda
	Ribeirão Buenos Aires	529	314	59,5	Pouca ou nenhuma
	Ribeirão cachoeira	910	310	34,1	Mod. para direita
	Ribeirão do Meio	226	71	31,4	Mod. para direita
	Ribeirão Monte Alegre	224	71	31,8	Mod. para direita
	Ribeirão Piraruca	357	234	65,4	Mod. para esquerda
	Ribeirão Tranqueira	331	157	47,5	Pouca ou nenhuma
	Rio Escuro 1	619	218	35,3	Mod. para direita
	Rio Escuro 2	1.234	258	20,9	Mod. para direita
	Rio Formoso 1	948	331	34,9	Mod. para direita
	Rio Pau Seco 1	384	245	64,0	Mod. para esquerda
	Rio Pau Seco 2	678	364	53,8	Pouca ou nenhuma
Rio Pias	1.085	545	50,2	Pouca ou nenhuma	
MÉD. CURSO	Córrego Barreiro	502	248	49,4	Pouca ou nenhuma
	Córrego do Angico	308	82	26,8	Mod. para direita
	Córrego Gameleira	587	251	42,8	Pouca ou nenhuma
	Rio Formoso 2	2.994	157	52,5	Pouca ou nenhuma
	Rio Preto	611	398	65,1	Mod. para esquerda
	Rio Xavante	1.034	544	52,6	Pouca ou nenhuma
BAIXO CURSO	Córrego Brejo da Lagoa	438	143	32,8	Mod. para direita
	Córrego Fundo	403	208	51,6	Pouca ou nenhuma
	Córrego Mambuca	76	32	41,5	Pouca ou nenhuma
	Ribeirão Água Verde	247	204	82,8	Forte para esquerda
	Ribeirão Barreira	211	85	40,4	Pouca ou nenhuma
	Ribeirão Berimbau	103	48	46,9	Pouca ou nenhuma
	Ribeirão Canastra	225	95	42,3	Pouca ou nenhuma
	Ribeirão Extrema	325	104	32,2	Mod. para direita
	Ribeirão Grota da Mata	216	20	9,4	Forte para direita
	Ribeirão Três Lagoas	186	115	62,0	Mod. para esquerda
	Rio Dueré	1.471	851	57,8	Pouca ou nenhuma
	Rio Formoso 3	1.314	909	69,2	Mod. para esquerda
	Rio Formoso 4	221	88	40,0	Mod. para direita
	Rio Lago Verde	604	272	45,0	Pouca ou nenhuma
	Rio Tioríbero	684	291	42,6	Pouca ou nenhuma
Rio Urubu	984	572	58,1	Pouca ou nenhuma	

Fonte: Santos (2016)



O valor de FABD da bacia do rio Formoso foi de 70 (Tabela 1). Os dados por setores apontam que o alto curso possui um baixo valor de assimetria com 57% de sua área localizada à esquerda do canal principal do rio Formoso. O médio curso apresentou forte valor de assimetria, seguindo o padrão encontrado para toda área de estudo (FABD=76). O baixo curso indicou um alto valor de assimetria, onde a área do lado esquerdo corresponde a 7% do setor. Esta situação é levantada na seção sobre o quadro tectônico da área de estudo por Santos (2016), onde se identificou em uma zona de transição do alto para o médio curso, com efeitos de falhas transcorrentes na rede de drenagem.

Conforme Salamuni et al. (2004), pode-se inferir para toda a área de estudo um moderado basculamento de blocos, com uma inclinação positiva do lado direito (porção leste) do sistema fluvial, e o favorecimento de um baixo estrutural no lado esquerdo (oeste), constituído pela Bacia Sedimentar do Bananal.

Para as bacias do médio curso, os valores de FABD encontrados foram muito próximos a 50, indicando pouco ou nenhum efeito tectônico de basculamento. A exceção neste setor é o rio Preto, que apresentou valores de FABD com moderado grau assimétrico para a esquerda (FABD = 65,1). Esta sub-bacia possui um conjunto de drenagem subdendrítico, estabelecido em superfícies de aplainamento que compõem interflúvios suavizados, onde o rio corta falhas de empurrão, encontrando zonas de falhas transcorrentes, onde seu eixo principal migra para SW, chegando ao rio Xavante na planície Formoso-Javaés (nível de base regional).

De modo geral, 28% das sub-bacias possuem grau de assimetria moderado para direita, e 19% com moderado para a esquerda. No alto curso, destacam-se o rio Escuro, que está subdividido em duas partes, com indicação de migração para o lado direito, e o rio Pau Seco e córrego do Meio, que seguem paralelos em um bloco mais elevado, apresentando assimetria moderada para o lado esquerdo. Entre estes sistemas divisores de águas, localiza-se a Serra do Estrondo, um alto estrutural com as maiores cotas topográficas da área de estudo.

Os valores do FSTT variam de 0 a 1 (Tabela 3), e estão fatiados em 5 classes qualitativas, conforme Salamuni (1998), a saber: 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).

A partir da avaliação dos 325 trechos medidos para obtenção do FSTT, notou-se que a maior quantidade de medidas está na classe de muito fraca (32%), seguida da classe fraca (27%). Os valores moderados (0,4-0,6) correspondem a 22% do total, enquanto que os valores de forte assimetria apresentam 40 ocorrências, constituindo 13% dos dados e os valores mais elevados de FSTT representam 8%, correspondentes aos pontos de forte grau de assimetria. Em termos proporcionais, 47% das sub-bacias apresentaram pouca ou nenhuma assimetria. Das 17 sub-bacias nesta classe, 14 são de 5ª ordem, e possuem forma alongada.

Como observa Salvany (2004), a forma da bacia ou sub-bacia também pode indicar processos de controle tectônico, onde sistemas alongados geralmente são reflexos da influência das estruturas que definem os planos de erosão. Nota-se que grande parte das sub-bacias com valor de assimetria moderada possuem formas triangulares alongadas, como no caso do rio Escuro 1 (Figura 5). Também a incidência do padrão de drenagem sub-dendrítico nesta classe é frequente, com leve caimento para área de menor percentual de assimetria.

Quando feita uma análise dos valores médios de FSTT por sub-bacia, 53% dos dados situa-se na classe de fraco grau de assimetria (SANTOS, 2016). Nota-se que os sistemas nesta classe são, em grande parte, de 5ª ordem, localizados em áreas de interflúvios no alto e baixo curso, e em todo o médio curso (Figura 5).

No baixo curso, o sistema (sub-bacia) rio Formoso 3 indicou moderado grau de assimetria para a esquerda (69,2), sendo possível notar que seu lado esquerdo praticamente não possui canais. O arranjo hidrográfico desta sub-bacia possui uma variação dendrítica festonada, com poucos canais perenes, com o rio principal desenvolvendo-se sobre a planície de inundação, com barras de meandros, sendo marcante os paleocanais como indicadores da avulsão. Os canais desta sub-bacia, em sua margem direita, se desenvolvem sobre a Formação Couto Magalhães (Depressão Urubu-Dueré), que está em contato com as coberturas cenozóicas da Formação Araguaia. Nesta porção, a Formação Couto Magalhães é sotoposta por coberturas detrito-lateríticas, com uma extensa crosta ferruginosa.

**Tabela 3.** Valores médios para o índice FSTT por sub-bacias na área de estudo.

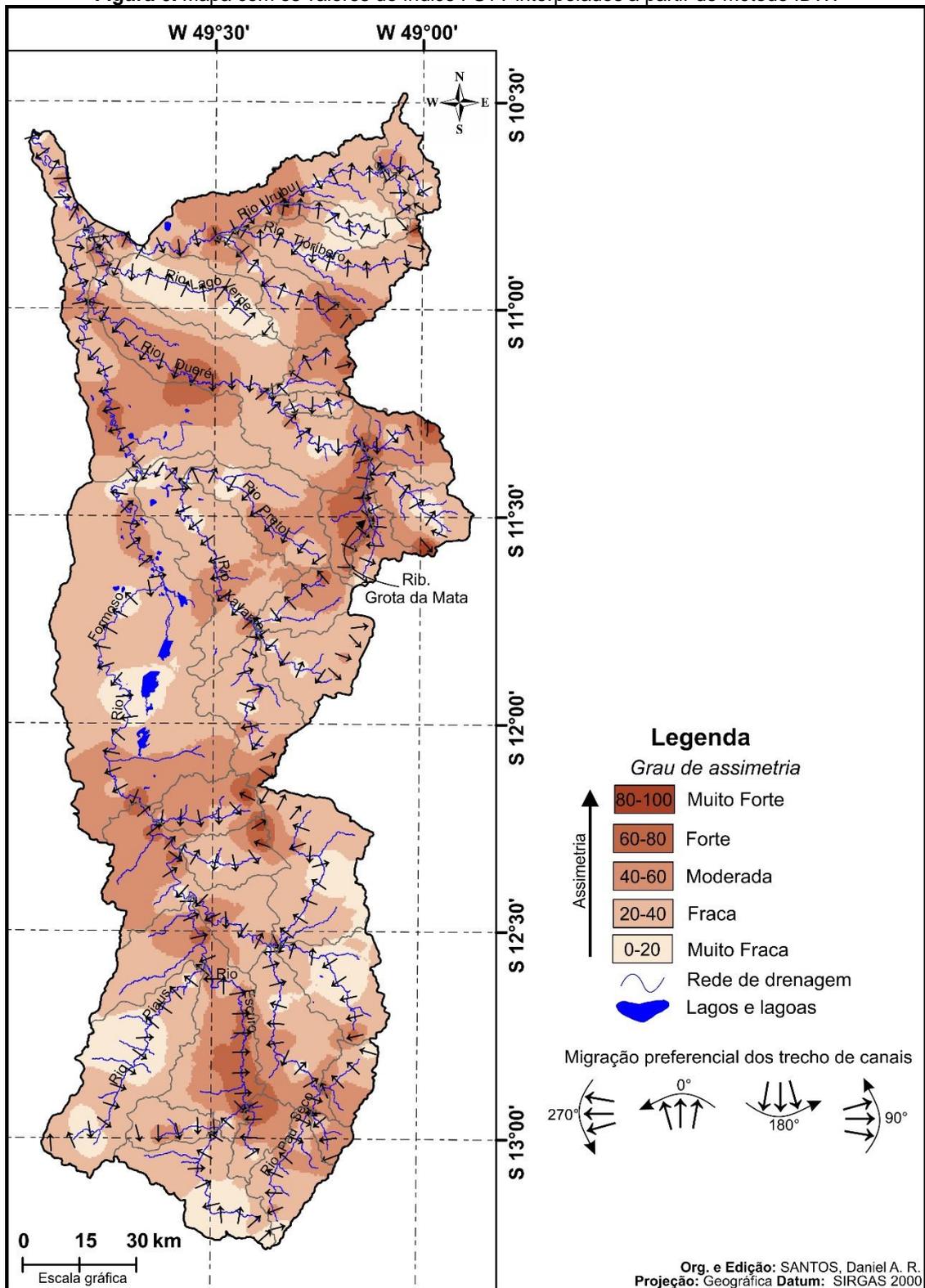
RIO FORMOSO		VALORES MÉDIOS		-----
Setores	Sub-bacias	FSTT	Azimute	Grau de assimetria
ALTO CURSO	Córrego Larga	0,40	253°	Moderado
	Córrego Vargem Grande	0,56	210°	Moderado
	Ribeirão Buenos Aires	0,24	185°	Fraco
	Ribeirão Cachoeira	0,29	203°	Fraco
	Ribeirão Do Meio	0,39	173°	Fraco
	Ribeirão Monte Alegre	0,38	314°	Fraco
	Ribeirão Piraruca	0,47	192°	Moderado
	Ribeirão Tranqueira	0,41	130°	Moderado
	Rio Escuro 1	0,18	163°	Muito fraco
	Rio Escuro 2	0,53	148°	Moderado
	Rio Formoso 1	0,52	131°	Moderado
	Rio Pau Seco 1	0,42	218°	Moderado
	Rio Pau Seco 2	0,30	165°	Fraco
	Rio Piaus	0,21	221°	Fraco
	Média do alto curso	0,37	-----	Fraco
MÉDIO CURSO	Córrego Barreiro	0,28	153°	Fraco
	Córrego do Angico	0,38	288°	Fraco
	Córrego Gameleira	0,40	127°	Moderado
	Rio Formoso 2	0,32	201°	Fraco
	Rio Preto	0,29	223°	Fraco
	Rio Xavante	0,37	200°	Fraco
Média do médio curso	0,33	-----	Fraco	
BAIXO CURSO	Córrego Brejo da Lagoa	0,44	133°	Moderado
	Córrego Fundo	0,31	117°	Fraco
	Córrego Mambuca	0,20	134°	Muito fraco
	Ribeirão Água Verde	0,41	258°	Moderado
	Ribeirão Barreira	0,26	97°	Fraco
	Ribeirão Berimbau	0,24	244°	Fraco
	Ribeirão Canastra	0,41	201°	Moderado
	Ribeirão Extrema	0,63	164°	Forte
	Ribeirão Grota da Mata	0,83	100°	Muito Forte
	Ribeirão Três Lagoas	0,32	213°	Fraco
	Rio Dueré	0,50	150°	Moderado
	Rio Formoso 3	0,40	196°	Moderado
	Rio Formoso 4	0,29	112°	Fraco
	Rio Lago Verde	0,14	112°	Muito fraco
	Rio Tioríbero	0,35	157°	Fraco
Rio Urubu	0,42	164°	Moderado	
Média do baixo curso	0,39	-----	Fraco	
Média para área total	0,37	-----	Fraco	

Fonte: Santos (2016)

O ribeirão Grota da Mata é um sistema de 5ª ordem, constituindo um contribuinte de cabeceira do rio Dueré, no baixo curso do rio Formoso (Figura 6). Os índices geomórficos aplicados na área de estudo indicam que este ribeirão possui forte grau de assimetria, com FSTT médio igual a 0,83, e FABD indicando forte basculamento para o lado direito (FABD = 9,4) (Tabela 3). Possui uma área de 215,96 km<sup>2</sup> e 72 km de perímetro, sendo que 91,6% deste montante corresponde

ao lado esquerdo do canal principal. A sub-bacia possui 194 canais, formando uma rede sub-dendrítica com características intermitentes ou efêmeras, somando 280 km de drenagens, onde praticamente não se observa drenagens em seu lado direito.

Figura 6. Mapa com os valores do índice FSTT interpolados a partir de método IDW.



Fonte: Santos (2016)

O mapa de FSTT podem sugerir ainda um padrão regional de configuração das bacias quanto a eixos de migração (Figura 6). No alto curso, as sub-bacias com valores moderados compõe uma faixa central. Na figura 6 esta zona é mais nítida, com valores de assimetria entre moderado a forte, circundando os vales dos rios Escuro e Formoso. Nota-se que a zona está suavemente direcionada de SE (montante) para o nível de base regional SW, exibindo zonas menores com forte valor de assimetria. No baixo curso, os maiores valores de assimetria parecem ser condicionados pelo gradiente topográfico em direção aos níveis mais baixos das planícies Formoso-Javaés, além do entalhamento um pouco mais intenso pelos rios Urubu e Dueré.

No alto curso os canais que definem o eixo principal de escoamento da bacia (rios Escuro e Pau Seco) acompanham a tendência apontada pela medida de direção do FSTT (Figuras 4 e 6), com preferência de migração lateral dos rios para E. A mudança de ordem leva o canal de 7ª ordem (Rio Formoso 1) a seguir para NW (Lineamento Tocantins) e migrar alternadamente entre W e NW, como efeito de adaptação às falhas transcorrentes aos lineamentos regionais.

No médio curso, o canal principal (Formoso 2) dá sequência às alternâncias migratórias estabelecidas a montante, até a latitude 12° 30' S, na altura da cidade de Formoso do Araguaia. Nesta posição, os dados estruturais indicam a retomada do controle Transbrasiliano sobre o rio, com alternância de migração do canal entre E e NE. Neste ponto o rio Formoso segue para E, mas apresenta uma avulsão de destaque por suas dimensões e alta sinuosidade, dando a entender que o canal fluía para NW. O paleocanal possui uma largura média entre as marcas de deposição de 500 m e 18 km de comprimento. O trecho atual possui baixa sinuosidade, encaixado na planície fluvial sem identificação de marcas de deposição.

A partir da análise dos dados cartográficos e de campo, pode-se inferir dois momentos na migração do rio Formoso no médio e baixo cursos, como resposta ao ajustamento do nível de base regional. Tal interpretação baseia-se no complexo modelo de compensação isostática, sendo admitido que os canais adaptaram suas direções aos blocos regionais, configurando a forte assimetria verificada pelo indicies (HOLBROOK, J.; SCHUMM, 1999, VALENTE, 2007). A observação das paleodrenagens na bacia possibilita sustentar a ideia de que, em uma fase mais recente, o rio vem refazendo o caminho contrário de migração lateral. Os indícios migratórios mapeados por Santos (2016) apontam maior quantidade de meandros abandonados no lado esquerdo do rio Formoso. Assim, o rio teria abandonado alguns trechos, e avançado lateralmente para leste, entalhando e consumindo os depósitos da Formação Araguaia.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho buscou contribuir para a compreensão dos aspectos de assimetria da bacia hidrográfica do rio Formoso, TO, e possíveis relações com a Neotectônica. A aplicação do indicies geomórficos demonstrou bons resultados quando aliada a interpretação geológico-geomorfológica e o uso de geotecnologias, que otimizaram e ampliaram a discussão do trabalho. De tal forma, considera-se que:

O conjunto litológico da área de estudo é predominantemente constituído por rochas metamórficas e metassedimentares, estabelecidas em cotas superiores a 220 m, exibindo morros testemunhos com cotas altimétricas de até 647 m. Estas unidades geológicas apresentam discordâncias no nível de base pelas coberturas quaternárias da Bacia Sedimentar do Bananal.

O padrão de drenagem predominante no rio Formoso é o dendrítico, com variação sub-dendrítica observada em sub-bacias que apresentaram assimetria moderada e forte. Também o padrão festonado foi notado nas sub-bacias estabelecidas em grande parte sobre a planície Formoso-Javaés.

Pode-se inferir que a tectônica cenozóica é atuante na bacia do rio Formoso, sendo identificado o caimento do terreno no médio e baixo curso no sentido do Bacia Sedimentar do Bananal. Porém, foram identificados poucos indícios de basculamento regionais, que poderiam influenciar o desenvolvimento das sub-bacias, tendo como exceção o córrego Grota da Mata e o ribeirão Água Verde, localizados em zonas de cabeceira do baixo curso, que apresentaram altos valores de FABD e de FSTT e estruturas rúpteis que definem a direção de fluxo destes sistemas fluviais.

A análise geomórfica do ribeirão Grota da Mata (Figuras 5 e 6) sugere que a forte relação assimétrica encontrada seja um reflexo do controle dos depósitos Detrito-Lateríticos que caracterizam uma superfície neogênica (Ciclo Velhas), que recobrem os divisores de água, contribuindo regionalmente no papel da conservação de um alto estrutural frente as intempéries regionais e a instauração de níveis de base durante o Quaternário (Ciclo Paraguaçu). Identificou-se aqui um sistema fluvial sub-dendrítico com todos seus canais de 2ª e 3ª ordem no lado esquerdo da sub-bacia e orientados no sentido SW-NE, onde as posições das cabeceiras de drenagem indicaram um padrão que obedece em grande parte às linhas de falhas do Lineamento Transbrasiliano. No nível de base da sub-bacia, os canais de 4ª e 5ª ordem estão adaptados a um conjunto de falhas que os direcionam para NW, sentido do nível de base regional.

## AGRADECIMENTOS

A presente pesquisa foi desenvolvida com auxílio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Tocantins, através do Programa de Pesquisa em Recursos Hídricos, processo nº 2014.20300.000009. O estudo foi também financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq através do Edital Universal, processo nº 485433/2013-3. O primeiro autor agradece ainda à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela bolsa de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Tocantins.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, A.A. Quantificação e Sensoriamento Remoto na investigação geográfica. **Boletim Paulista de Geografia**, n. 51, p. 89-93, 1976.
- BEMERGUY, R.L.; COSTA, J.B.S. Considerações sobre o sistema de drenagem da Amazônia e sua relação com o arcabouço tectônico-estrutural. **Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi**, Série Ciências da Terra, v. 3, p. 75-97, 1991.
- BOGGIONE, G.A.; SILVA, M.V.A.; CARVALHO JUNIOR, N.R.; TELES, T.L.; NAZARENO, N.R. X. Definição da escala em imagens de sensoriamento remoto: uma abordagem alternativa. In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais...** p. 1739-1746. São José dos Campos: INPE, 2009.
- BRASIL, Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL**: Folha SD.22 Goiás: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, vegetação uso potencial da terra / Projeto RADAMBRASIL. Série: Levantamento de recursos naturais. Rio de Janeiro, v.25, 640 p., 1981.
- CAMARGO, E.C.G.; FUCKS, S.D.; CÂMARA, G. Análise espacial de superfícies. In: FUCKS, S.D.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.M.V. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília, EMBRAPA Cerrados, 2004. p. 79-122.
- CARVALHO, D.L.O. **Mapeamento geológico e gravimetria da porção central do Graben de Água Bonita, sudoeste de Tocantins e noroeste de Goiás**. 2011, 96 f. Dissertação (mestrado em Geociências Aplicadas), Universidade de Brasília – UNB, Brasília, 2011.
- CHAMANI, M.A.C. **Tectônica intraplaca e deformação sinsedimentar induzida por abalos sísmicos: o Lineamento Transbrasiliano e estruturas relacionadas na Província Parnaíba**. 2011, 206 f. Dissertação (mestrado em Geoquímica e Geotectônica), Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 2011.
- COSTA, J.B.S.; BEMERGUY, R.L.; HASUI, Y.; DA SILVA BORGES, M.; JÚNIOR, C.R.P.F.; BEZERRA, P.É.L.; FERNANDES, J.M.G. Neotectônica da região amazônica: aspectos tectônicos, geomorfológicos e deposicionais. **Revista Geonomos**, v. 4, n. 2, p. 23-43, 1996. <https://doi.org/10.18285/geonomos.v4i2.199>
- COX, R.T. Analysis of drainage-basin symmetry as a rapid technique to identify areas of possible Quaternary tilt-block tectonics: An example from the Mississippi Embayment. **Geological Society**

of *America Bulletin*, v. 106, n. 5, p. 571-581, 1994. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1994\)106<0571:AODBSA>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1994)106<0571:AODBSA>2.3.CO;2)

FARACO, M.T.L.; MARINHO, P.A.C.; VALE, A.G.; COSTA, J.S.; FERREIRA, A.L.; VALENTE, C.R.; LACERDA FILHO, J.V.; MORETON, L.C.; CAMARGO, L.C.; CAMARGO, M.A.; FRASCA, A.A.; RIBEIRO, P.S.E.; VASCONCELOS, A.M.; OLIVEIRA, M.; OLIVEIRA, I.W.B.; ABREU FILHO, W.; GOMES, I.P. 2004. **Folha SC.22-TOCANTINS**. In: SCHOBENHAUS, C.; GONÇALVES, J.H.; SANTOS, J.O.S.; ABRAM, M.B.; LÉO NETO, R. MATOS; G.M.M.; VIDOTTI, R.M.; RAMOS, M.A.B.; JESUS, J.D.A. (eds.). Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Sistema de Informações Geográficas. Programa Geologia do Brasil. CPRM, Brasília. CD-Rom, 2004.

FRASCA, A.A.S; LIMA, H.A. **Carta geológica folha SC. 22-Z-D - Gurupi**. CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Goiânia, 2010. Escala: 1:250.000.

HASUI, Y. Compartimentação Geológica Do Brasil. In: HASUI, Y; CARNEIRO, C.D.R.; ALMEIDA F.F.M.; BARTORELLI, A. **Geologia do Brasil**. Oficina de textos, 2012. 900 p.

HASUI, Y. Neotectônica e aspectos fundamentais da tectônica ressurgente no Brasil. In: WORKSHOP SOBRE NEOTECTÔNICA E SEDIMENTAÇÃO CENOZÓICA CONTINENTAL NO SUDESTE BRASILEIRO, v.1, 1990, Belo Horizonte. **Boletim...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, p. 1-31, n. 11, 1990.

HASUI, Y.; ABREU, F.A.M.; SILVA, J.M.R. Estratigrafia da faixa de dobramentos Paraguai-Araguaia no centro-norte do Brasil. **Boletim IG-USP**, v. 8, p. 107-117, 1977. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-8978.v8i0p107-117>

HASUI, Y.; J.B.S. COSTA; ABREU, F.A.M. Província Tocantins: setor setentrional. In: ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y (Orgs.). **O pré-cambriano do Brasil**. Edgard Blücher, 1984. p. 187-204.

HIRUMA, S.T. **Neotectônica no Planalto de Campos do Jordão, SP**. 1999, 110 f. Dissertação (mestrado em Geologia sedimentar). Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

HOLBROOK, J.; SCHUMM, S.A. Geomorphic and sedimentary response of rivers to tectonic deformation: a brief review and critique of a tool for recognizing subtle epeirogenic deformation in modern and ancient settings. **Tectonophysics**, v. 305, n. 1, p. 287-306, 1999. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(99\)00011-6](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(99)00011-6)

IBANEZ, D.M. **Análise do relevo da Amazônia Central com o emprego de modelo digital de elevação e geometria fractal**. 2012, 172 f. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa Geológico do Tocantins**. Coordenação de Recursos naturais e Estudos Ambientais, 1. ed. Rio de Janeiro, IBGE, 2007. Escala: 1.000.000.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Geomorfologia**. IBGE, Coordenação de Recursos naturais e Estudos Ambientais, 2. ed. Rio de Janeiro, 2009. 182 p.

KELLER, E.A.; PINTER, N. **Active tectonics**. 1. ed. Prentice Hall, 1996.

LACERDA FILHO, J.V.; VALENTE, C.R.; BAHIA, R.B.C.; LOPES, R.C.; ROMANINI, S.J.; OLIVEIRA, I.W.B.; OLIVEIRA, C.C.; SACHS, L.L.B.; SILVA, V.A.; BATISTA, I.H.; **Folha SD. 22-GOIÁS**. In: SCHOBENHAUS, C.; GONÇALVES, J.H.; SANTOS, J.O.S.; ABRAM, M.B.; LÉO NETO, R.; MATOS, G.M.M.; VIDOTTI, R.M.; RAMOS, M.A.B.; JESUS, J.D.A. de. (eds.). Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Sistemas de Informações Geográficas-SIG. Programa Geologia do Brasil, CPRM, Brasília. CD-ROM, 2004.

LANDIM, P.M.B. **Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de mapas**. DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatematica, Texto Didático, v. 2, p. 20, 2000.

LIMA, W.S.; JUNIOR, G.P.H. Origem, evolução e classificação das bacias sedimentares. In: Bacias sedimentares brasileiras: Origem, evolução e classificação. **Phoenix**. Ano 5, n. 49, 2003. Acesso em: 21/01/2012. Disponível em: [http://www.phoenix.org.br/Phoenix49\\_Jan03.html](http://www.phoenix.org.br/Phoenix49_Jan03.html).

- MARTINS, A.K.E. **Ipucas da planície do Araguaia, estado do Tocantins: ambiente físico de ocorrência, solos e uso da terra**. 2004, 168 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2004.
- MENESES, P.R. Princípios de Sensoriamento Remoto. In: MENESES, P.R.; ALMEIDA, T.D. **Introdução ao processamento de imagens de Sensoriamento Remoto**. 1. ed. Universidade de Brasília, Brasília, 2012. 266 p.
- MIGON, P. Morphotectonics. In: GOUDIE, A. (Ed.). **Encyclopedia of Geomorphology**. v. 2 (J-Z), Routledge, 2004. p. 699.
- MISSURA, R. **Bacia do riacho Pioré - PE: Análise morfotectônica e morfoestratigráfica**. 2013, 196 f. Tese (doutorado em Geografia). Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), CFCH, Recife, 2013.
- MORAIS, F.; SANTOS, D.A.R. Assimetria da bacia hidrográfica do rio Dueré como indicador de tectônica recente na bacia sedimentar do Bananal, Tocantins. In: XIII Simpósio de Geologia da Amazônia, 2013, Belém. **Anais... XIII Simpósio de Geologia da Amazônia**, 2013.
- OLIVEIRA, K.B.M. **Estudo dos fluxos hídricos do entorno da Lagoa da Confusão - TO**. 2014, 196 f. Dissertação (mestrado em Ciências do Ambiente) - Universidade Federal do Tocantins – UFT, Palmas, 2014.
- PANIZZA, M.; CASTALDINI, D.; BOLLETINARI, G.; CARTON, A.; MONTOVANI, F. Neotectonic research in applied geomorphological studies. **Zeitschrift fuer Geomorphologie**, v.63, p.173-211, 1987.
- PANIZZA, M.; CASTALDINI, D.; BOLLETINARI, G.; CARTON, A.; MONTOVANI, F. Neotectonic research in applied geomorphological studies. **Zeitschrift fuer Geomorphologie**, v.63, p.173-211, 1987.
- REVILLA, J.G. **La asimetría de la cuenca fluvial y otros índices morfométricos: Implicaciones para la cuenca de Madrid**. 2012, 372 f. Tesis (Doctoral). Universidad Complutense de Madrid. 2012.
- 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. <https://doi.org/10.18285/geonomos.v1i1e2.233>
- SALAMUNI, E. **Tectônica da bacia sedimentar de Curitiba (PR)**. 1998, 235 f. Tese de (Doutorado em Geologia regional) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista. 1998.
- SALAMUNI, E.; EBERT, H.D; HASUI, Y. Morfotectônica da Bacia Sedimentar de Curitiba. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 34, n. 4, p. 469-478, 2004.
- SALVANY, J. M. Tilting neotectonics of the Guadiamar drainage basin, SW Spain. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 29, n. 2, p. 145-160, 2004. <https://doi.org/10.1002/esp.1005>
- SANTOS, D.A.R. **Geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Lago Verde, Lagoa da Confusão, TO**. 2012, 81 f. Monografia (graduação em Geografia) - Universidade Federal do Tocantins, Porto Nacional, 2013.
- SANTOS, D.A.R. **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), Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Geografia. 2016.
- SEPLAN, Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente, Diretoria de Zoneamento Ecológico Econômico. **ATLAS DO TOCANTINS: subsídios ao planejamento da gestão territorial**. Secretaria do Planejamento e da Modernização da Gestão Pública - SEPLAN. Superintendência de Pesquisa e Zoneamento Ecológico-Econômico. Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico - ZEE. Organizado e atualizado por Paulo Augusto Barros de Sousa, Rodrigo Sabino Teixeira Borges e Ricardo Ribeiro Dias. 6. ed., Rev. Atu. Palmas, Seplan, 2012. 80 p.

SILVA A. J.P.; LOPES, R.C.; VASCONCELOS, A.M.; BAHIA, R.B.C. Bacias sedimentares paleozóicas e meso-cenozóicas interiores. In: BIZZI, L. A., SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. (eds.) **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil (texto, mapas e SIG)**. Brasília, Serviço Geológico do Brasil – CPRM/MME, 2003. p. 55-85.

SILVA, T.I.; RODRIGUES, S.C. Tutorial de cartografia geomorfológica. **Manuais Técnicos – Revista Geográfica Acadêmica**, v. 3, n. 2, 2009.

SUGUIO, K. A Importância da Geomorfologia em Geociências e Áreas Afins. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 1, n. 1, p. 80-87, 2000. <https://doi.org/10.20502/rbg.v1i1.72>

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais**. 1. ed. São Paulo, Oficina de Textos, 2010.

VALENTE, C.R. **Controles físicos na evolução das unidades geoambientais da Bacia do Rio Araguaia, Brasil Central**. 2007. 156 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais), CIAMB, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2007.

VALERIANO, M.M. **TOPODATA: guia de utilização de dados geomorfométricos locais**. São José dos Campos: INPE, 2008. Acesso em: 17 de outubro de 2010. Disponível em: <[http://www.dsr.inpe.br/topodata/data/guia\\_enx.pdf](http://www.dsr.inpe.br/topodata/data/guia_enx.pdf)>.