

PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS EM BACIAS DE DRENAGEM FLUVIAL E PROCESSO EVOLUTIVO DA PAISAGEM GEOMORFOLÓGICA DO DOMÍNIO VAZA-BARRIS, SERGIPE/BRASIL

Morphometric parameters in fluvial drainage basins and evolutionary process of the geomorphological landscape of the Vaza-Barris Domain, Sergipe/Brazil

Luana Pereira Lima

Universidade Federal de Sergipe

luana.pl.lua@gmail.com

Hélio Mário de Araújo

Universidade Federal de Sergipe

heliomarioaraujo@yahoo.com.br

Heleno dos Santos Macedo

Universidade Federal de Sergipe

helenosamac@gmail.com

Recebido: 11/05/2025

Aceito: 28/08/2025

Resumo

Estudos de parâmetros morfométricos e morfoestruturais são essenciais para o entendimento da paisagem geomorfológica. Mediante parâmetros morfométricos, pode-se avaliar quantitativamente a dinâmica fisiográfica e a atuação da rede de drenagem nos modelados. O Domínio Vaza-Barris é uma unidade geotectônica inserida na Faixa de Dobramentos Sergipana e abrange os estados de Sergipe e Bahia. Para essa pesquisa, considerou-se a área de maior abrangência dessa unidade, situada no estado de Sergipe, Nordeste do Brasil. O Domínio Vaza-Barris possui área em quatro bacias hidrográficas: Rio Sergipe, Rio Vaza-Barris, Rio Piauí e Rio Real. A pesquisa visou analisar os índices morfométricos aplicados nas áreas das quatro bacias hidrográficas inseridas no Domínio, avaliando quantitativamente o comportamento da drenagem no processo evolutivo da paisagem morfológica e o controle litológico/estrutural na definição e arranjo espacial da drenagem. Ancorada nos princípios da abordagem sistêmica, adotou-se a proposta metodológica de Libault (1971) que define os quatro níveis da pesquisa geográfica e direciona as etapas em uma sequência compreensível para a apresentação dos resultados. Os índices morfométricos extraídos revelaram a intensidade da atuação da rede de drenagem em consonância com a litoestrutura, culminando na denudação e na diferenciação dos modelados do relevo. Após análise dos resultados, pôde-se concluir que as singularidades estruturais, litológicas, tectônicas e fisiográficas interferiram na atuação da rede de drenagem sobre a esculturação do relevo do Domínio Vaza-Barris.

Palavras-chave: morfometria, rede de drenagem, relevo, Domínio Vaza-Barris, Sergipe.

Abstract

Morphometric and morphostructural parameter studies are essential for understanding geomorphological landscapes. Through morphometric parameters, it is possible to quantitatively assess the physiographic dynamics and the role of the drainage network in shaping landforms. The *Vaza-Barris Domain* is a geotectonic unit located within the *Sergipano Fold Belt*, encompassing areas in the Brazilian states of Sergipe and Bahia. For the purposes of this research, the focus was placed on the largest portion of this unit, located in the state of Sergipe, in Northeastern Brazil. The Vaza-Barris Domain spans four hydrographic basins: the Sergipe, Vaza-Barris, Piauí, and Real rivers. The objective of this study was to analyze morphometric indices within the areas of these four drainage basins, quantitatively evaluating drainage behavior in the evolutionary processes of the morphological landscape, as well as the lithological/structural controls that define and influence the spatial arrangement of the drainage network. Grounded in the principles of a systemic approach, the methodology followed Libault's (1971) framework, which outlines four levels of geographic research and organizes the research steps into a coherent sequence for presenting results. The extracted morphometric indices revealed the intensity of drainage network activity in close connection with lithostructural features, ultimately contributing to denudation and the differentiation of relief forms. Based on the analysis, it was concluded that the structural, lithological, tectonic, and physiographic particularities of the area significantly influenced the action of the drainage network in shaping the relief of the Vaza-Barris Domain.

Keywords: morphometry, drainage network, relief, Vaza-Barris Domain, Sergipe.

1. INTRODUÇÃO

Os estudos relacionados com as drenagens fluviais podem levar à compreensão e à elucidação de numerosas questões geomorfológicas, pois os cursos de água constituem um processo morfogenético dos mais ativos na esculturação da paisagem. A drenagem é um dos elementos mais sensíveis a modificações do relevo, sobretudo àquelas relacionadas a manifestações tectônicas e/ou mudanças climáticas que reflete em sua resposta morfológica/morfométrica e no ajuste a um estágio de quase-equilíbrio (Christofoletti, 1980; Santos, Ladeira e Batezelli, 2019).

Parâmetros morfométricos e morfoestruturais são essenciais para o entendimento da paisagem geomorfológica, sua evolução e dinâmica, ao permitirem o reconhecimento de elementos geomórficos típicos de traços tectônicos que influenciam o desenvolvimento da drenagem e afetam os ciclos erosivos, especialmente em áreas que passaram por processos erosivos e tectônicos bem-marcados.

A ação do clima e da tectônica implica formação e modificação de feições geomorfológicas por diversos mecanismos, resultando em assinaturas geomórficas derivadas do trabalho dos rios. Podem representar importantes indicadores diagnósticos da origem e natureza dos processos atuantes na formação e evolução de ambientes,

modernos e do passado, em domínios de interior continental (Santos, Ladeira e Batezelli, 2019).

O Domínio Vaza-Barris é uma unidade geotectônica inserida na Faixa de Dobramentos Sergipana e abrange os estados de Sergipe e Bahia, sendo considerada na pesquisa a área de maior abrangência dessa unidade, situada no estado de Sergipe, Nordeste do Brasil.

A pesquisa visou analisar os índices morfométricos aplicados nas áreas das quatro bacias hidrográficas inseridas no Domínio, avaliando quantitativamente o comportamento do escoamento no processo evolutivo da paisagem morfológica e o controle litológico/estrutural na definição e arranjo espacial da drenagem.

1.1. Área de estudo

O Domínio Vaza-Barris localiza-se na parte central do Estado de Sergipe (Figura 1), prolongando-se para oeste, além do limite estadual, e para leste, até a Bacia Sedimentar de Sergipe. Limita-se por falhas que sofreram várias reativações desde a sua formação. Está constituído de metassedimentos de baixo grau metamórfico em estruturas de dobramentos antiformais e sinformais de grande porte. Divide-se em dois grupos: Miaba e Vaza-Barris, subdivididos em formações e com ambientes de gênese distintos (Figura 2).

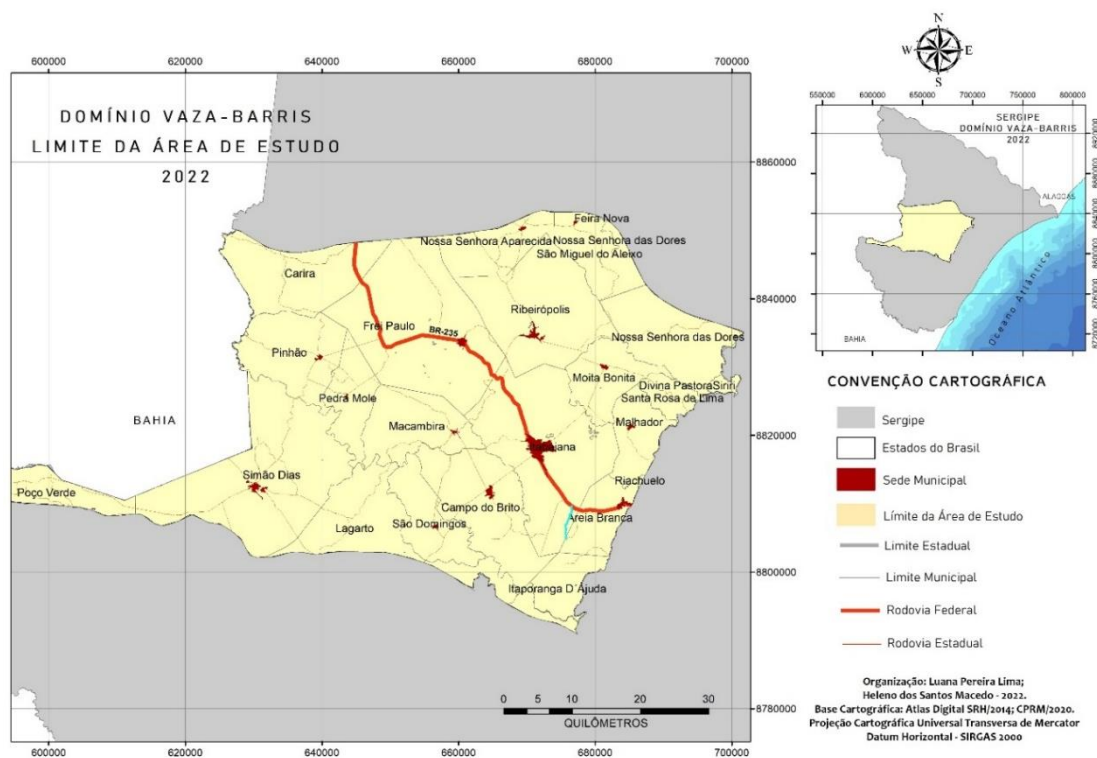


Figura 1 – Localização da área de estudo.

Fonte: Autores, 2022.

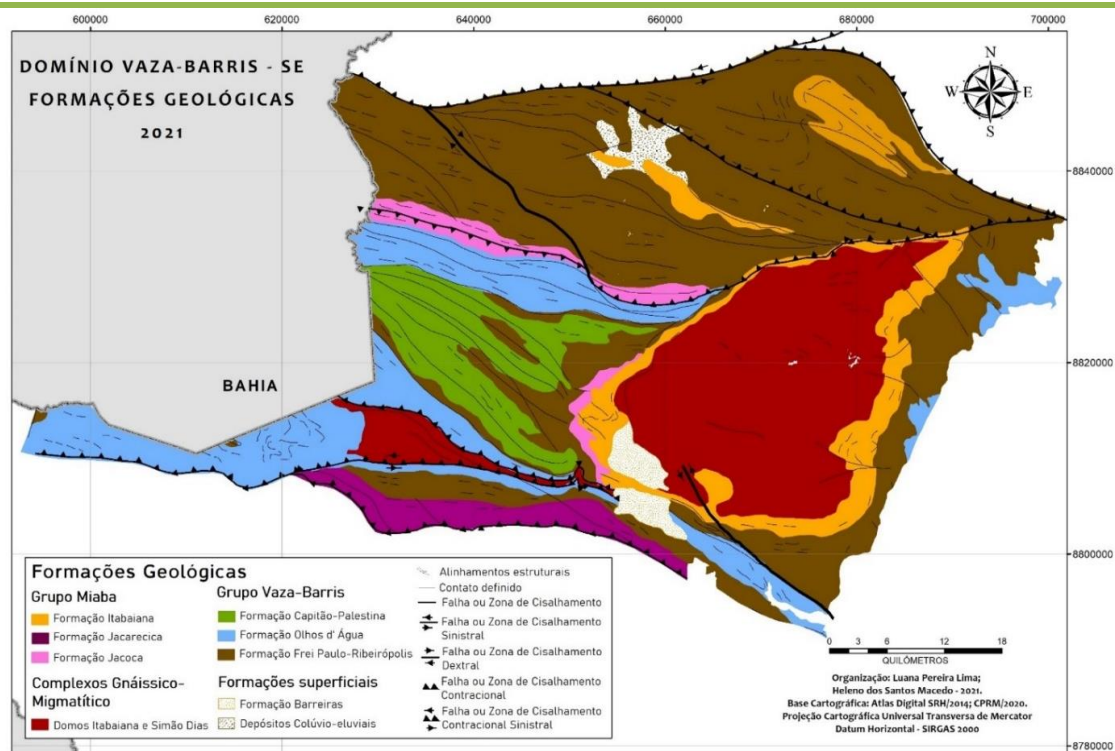


Figura 2 – Formações geológicas do Domínio Vaza-Barris.

Fonte: Autores, 2022.

Os terrenos do Embasamento Gnáissico com a presença de rochas gnaisses, migmatitos e granitoides integram o Complexo Gnáissico-Migmatítico do qual fazem parte os Domos de Itabaiana e Simão Dias, situados no contexto geológico da Faixa de Dobramento Sergipana. Possuem núcleo constituído de gnaiss, rocha de baixa resistência, que bordejam rocha metassedimentar (quartzito), de maior resistência, que, por erosão da parte central dos domos, formam escarpas topográficas mais elevadas em torno da superfície aplanada. Os domos apresentam morfologia atual típica de um relevo dissecado sob condições climáticas pretéritas e atuais.

O Domínio Vaza-Barris abrange área de quatro bacias hidrográficas: Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe, Bacia Hidrográfica do Rio Vaza-Barris, Bacia Hidrográfica do Rio Piauí e Bacia Hidrográfica do Rio Real (Figura 3).

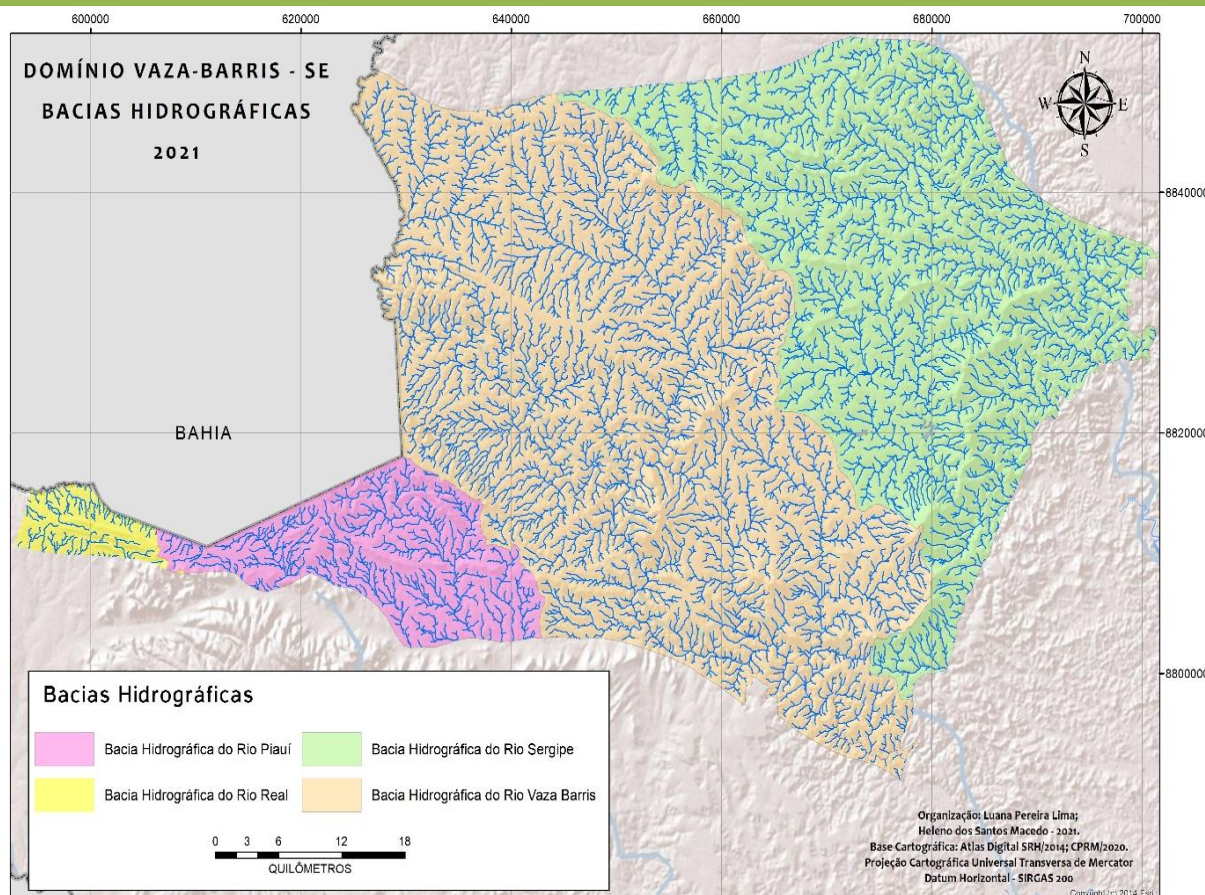


Figura 3 – Formações geológicas do Domínio Vaza-Barris.

Fonte: Autores, 2022.

A partir dos aportes teóricos-conceituais e metodológicos, a pesquisa visou analisar os índices morfométricos aplicados nas áreas das quatro bacias hidrográficas inseridas no Domínio Vaza-Barris, avaliando quantitativamente o comportamento da drenagem sobre a geomorfologia e o controle litológico e estrutural sobre a drenagem. Em termos gerais, a pesquisa consistiu na compilação dos dados existentes e na aquisição de novos dados, no tratamento e interpretação dos dados necessários à elucidação dos fatos, na sistematização dos resultados e na síntese conclusiva.

2. METODOLOGIA

Ancorada nos princípios da abordagem sistêmica, adotou-se a proposta metodológica de Libault (1971) que define os quatro níveis da pesquisa geográfica (Compilatório, Correlativo, Semântico e Normativo) e direciona as etapas em uma sequência compreensível para a apresentação dos resultados, consistindo na compilação dos dados existentes e na aquisição de novos dados para o tratamento e interpretação indispensáveis à elucidação dos fatos.

Para sistematização e espacialização dos resultados morfométricos, utilizaram-se os seguintes softwares: *ArcGis 10.3.1 ESRI®* e *Global Mapper 23 da Blue Marble Geographics®*. Além dos softwares, utilizaram-se GPS, Microsoft Excel, para tabulação dos dados e Corel Draw 19 para finalização do designer de mapas e gráficos.

Na elaboração do cartograma de bacias hidrográficas, utilizou-se a base cartográfica da Secretaria de Recursos Hídricos de Sergipe. Além dessa base cartográfica, adicionou-se a rede de drenagem, extraída de forma automática do Modelo Digital de Elevação ALOS PALSAR.

Para a construção da carta de ordenamento dos rios das bacias hidrográficas inseridas na área, utilizaram-se as imagens *Raster* obtidas pelo ALOS PALSAR e o software *ArcGis 10.3.1*. Através das ferramentas do *Arctoolbox*, seguiu-se a rotina: *Raster de elevação > Arc Tool box > Spatial Analyst Tools > Hydrology > fill*. Esta rotina melhora a definição dos canais presentes no *Raster* utilizado para a elaboração do cartograma de ordenamento. Após inserir o layer *fill*, a próxima etapa consistiu em criar um *Raster* que deu ênfase à direção dos fluxos da bacia. Para tanto, fez-se necessário a seguinte rotina: *Arc Toolbox > Spatial Analyst Tools > Hydrology > Flow Direction*.

Com a layer *Flow Direction* na área da pesquisa, o próximo passo consistiu em: *Arc Toolbox > Spatial Analyst Tools > Hydrology > Flow Accumulation*. O arquivo *Flow Accumulation* cria uma nova imagem *Raster* com mais detalhes das estruturas dos canais principais, seus afluentes e subafluentes. Após o *Flow Accumulation* houve a necessidade de um arquivo contendo o algoritmo que extraísse o maior número de detalhes dos canais definidos na rotina anterior. Para isso, seleciona-se *Arc Toolbox > Spatial Analyst Tools > Conditional > Con*. Na guia *Con*, houve a inserção do arquivo obtido anteriormente para colocá-lo a seguinte expressão: "VALUE" > 1000. Com a execução desse arquivo, extraiu-se a drenagem total, começando o processo de separação das ordens dos canais.

A rotina para a ordenação dos canais seguiu o *Arc Toolbox > Spatial Analyst Tools > Hydrology > Stream*. Insere o *Raster* obtido na rotina anterior, posteriormente o arquivo *Flow Direction*, a pasta de saída do arquivo, e por último o método de saída do ordenamento dos canais. Adotou-se o método de Strahler (1952). Feito o *Raster* com as ordens dos canais, transformou-se o arquivo *Raster* em *vetor*, através do procedimento: *Arc Toolbox > Spatial Analyst Tools > Hydrology > Stream to feature*.

Para a elaboração dos mapas de hipsometria e sombreamento (1) e declividade (2) utilizou-se um MDE obtido via imagens do ALOS PALSAR. Seguindo as rotinas:

(1) Arctoolbox > *Spatial Analyst Tools* > *Surface* > *Hillshade*

(2) Arctoolbox > *Spatial Analyst Tools* > *Surface* > *Slope*

O mapa hipsométrico, usado como subsídio à interpretação geomorfológica, foi construído com 9 intervalos para melhor visualizar as diferenças altimétricas.

As classes de declividade usadas seguiram a proposta de Lepsch (1983) apud INCRA (2006) (Quadro 1), associando cada intervalo a uma situação do relevo.

Quadro 1: Classes de declividade e situação do relevo.

Intervalo (°)	Situação do relevo
0 - 2	Plano
2 - 3	Suave ondulado
3 - 5	Moderadamente ondulado
5 - 8	Ondulado
8 - 24	Forte ondulado
24 - 45	Montanhoso
> 45	Escarpado

Fonte: Adaptado de INCRA, 2006.

Para a análise morfométrica da área do Domínio Vaza-Barris, utilizaram-se os seguintes parâmetros: hierarquia fluvial, relação de bifurcação, padrões de drenagem, densidade de drenagem, densidade de rios, perfis longitudinais, gradiente altimétrico, declividade e hipsometria.

Esses parâmetros foram escolhidos devido à necessidade de entender como a rede de drenagem influenciou na morfologia e como foi influenciada pela estrutura. Esses parâmetros têm respostas direcionadas para a análise preterida.

A definição da hierarquia das áreas das bacias hidrográficas inseridas no Domínio Vaza-Barris foi realizada a partir da proposta de Strahler. A relação de bifurcação corresponde à razão entre os números de canais de uma ordem e os números da próxima ordem mais elevada. Atendendo ao sistema de ordenação de Strahler, verificou-se que o resultado nunca pode ser inferior a 2. (Christofletti, 1980).

A expressão utilizada para o cálculo representa-se como:

$$R_b = N_u / N_{u+1}$$

Onde N_u corresponde ao número de segmentos de determinada ordem e N_{u+1} ao número de segmentos da ordem imediatamente superior.

A Densidade de Drenagem correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área. Geralmente, expressa-se em km/km². Informa o comprimento de canal fluvial disponível para drenar cada unidade da área (Machado e Torres, 2012). É calculada pela seguinte equação:

$$Dd = L_t / A$$

Onde: Dd = Densidade de drenagem; L_t = Comprimento total de canais de drenagem; A = Área total.

Densidade ou frequência de rios relaciona-se à quantidade de canais existentes em uma área. Estabelece-se pela relação entre o número total de canais ou rios e a área em que se inserem, sendo representada pela seguinte equação (Christofoletti, 1980):

$$Dr = N/A$$

Onde: Dr = Densidade de rios; N = Número total de canais na área considerada; A = Área considerada.

Os parâmetros relacionados à densidade de drenagem e densidade de rios influenciam na amplitude interfluvial e na dissecação do relevo.

Devido à extensão da área do Domínio Vaza-Barris e quantidade de canais, foram escolhidos 10 rios, principais na área de cada bacia hidrográfica, para representação gráfica da declividade desses canais ao longo de sua extensão.

Associado ao perfil longitudinal, o gradiente dos canais representa a relação entre a diferença máxima de altitude entre o ponto de origem e o término com o comprimento do respectivo segmento fluvial (Machado e Torres, 2012).

$$G = h_{\max} - h_{\min} / C$$

Onde: G = Gradiente altimétrico; h_{max} = ponto de maior elevação do canal; h_{min} = ponto de menor elevação do canal; C = comprimento do canal ou trecho considerado.

As análises morfométricas favorecem o entendimento do relevo a partir do escoamento, no contexto das áreas das bacias hidrográficas no Domínio Vaza-Barris. As análises das deformações geológicas permitem a compreensão da estruturação e modelagem da paisagem, resultados dos processos endógenos e exógenos, a partir dos comportamentos de estruturas dômicas, depressivas e residuais em área de influência do embasamento cristalino e cinturões orogênicos.

3. CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA

Para a análise morfométrica da área do Domínio Vaza-Barris foram utilizados os seguintes parâmetros: hierarquia fluvial, relação de bifurcação, padrões de drenagem, densidade de drenagem, densidade de rios, perfis longitudinais, gradiente altimétrico, declividade, hipsometria, curva e integral hipsométrica e isobase.

3.1. Hierarquia fluvial

A hierarquia fluvial nas áreas das bacias inseridas no Domínio Vaza-Barris vai até 6ª ordem na bacia do rio Vaza-Barris, 5ª ordem nas bacias do rio Sergipe e rio Piauí, e 3ª ordem na bacia do rio Real (Figuras 4 a 7). Quanto a distribuição da ordenação dos canais (Tabela 1), há um predomínio considerável dos rios de primeira ordem. Os percentuais dos canais de primeira ordem nas áreas das bacias dos rios Vaza-Barris, Sergipe, Piauí e Real são de 78%, 77,7%, 75,4% e 80,4%, respectivamente.

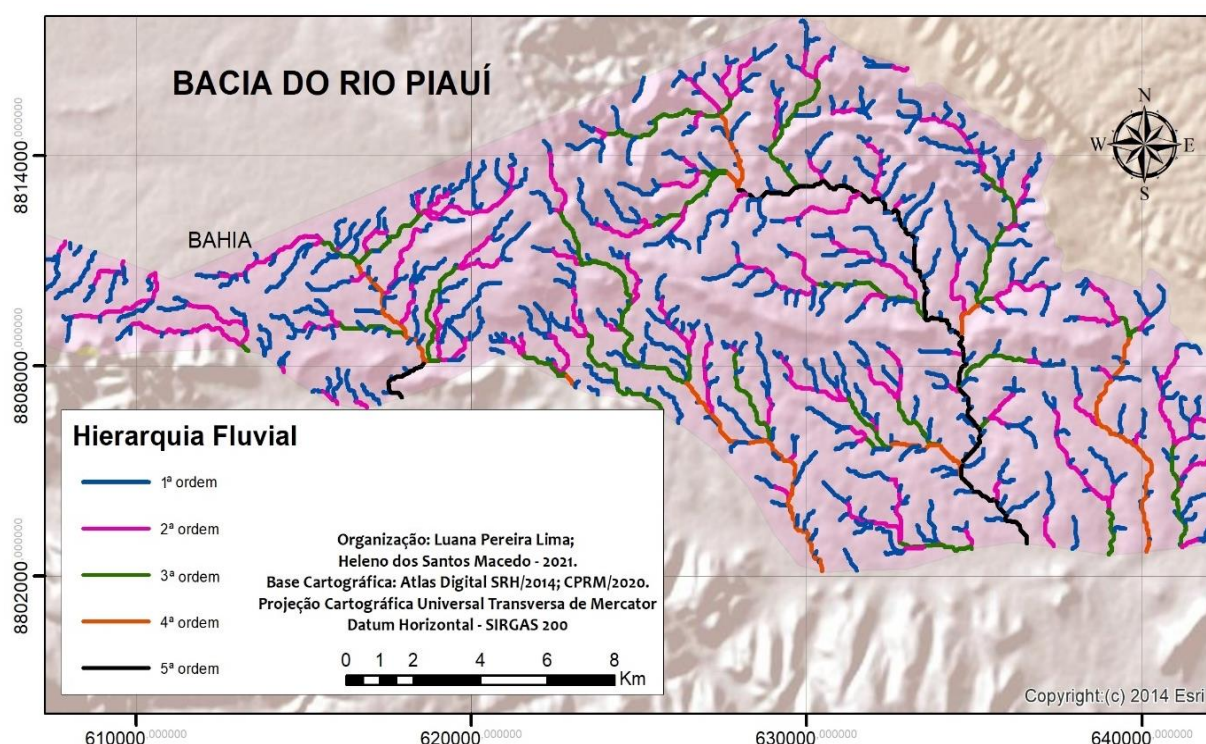


Figura 4 – Hierarquia fluvial da área da bacia hidrográfica do Rio Piauí inserida no Domínio Vaza- Barris.

Fonte: Autores, 2022.

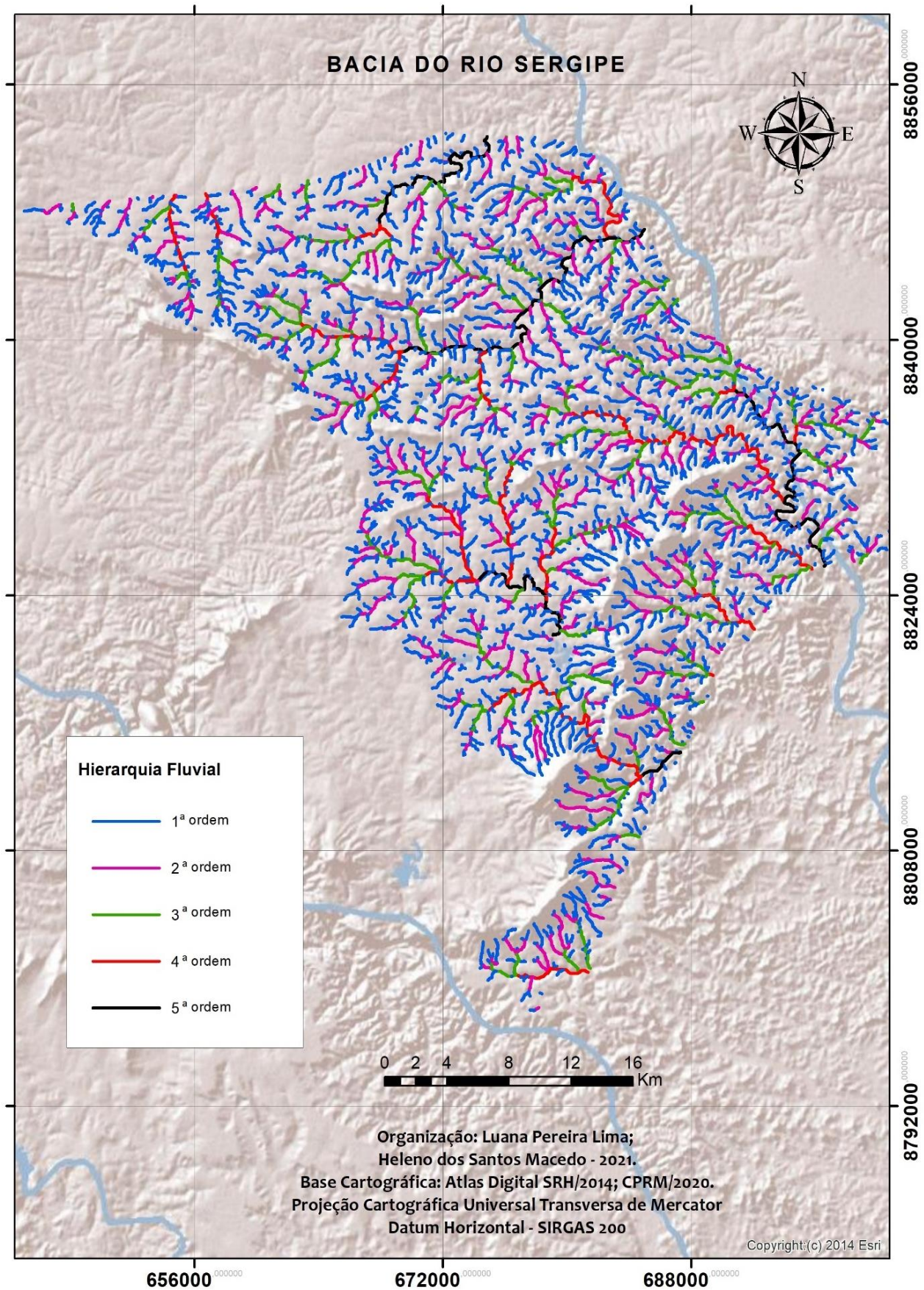


Figura 5 – Hierarquia fluvial da área da bacia hidrográfica do Rio Sergipe inserida no Domínio Vaza- Barris.
Fonte: Autores, 2022.

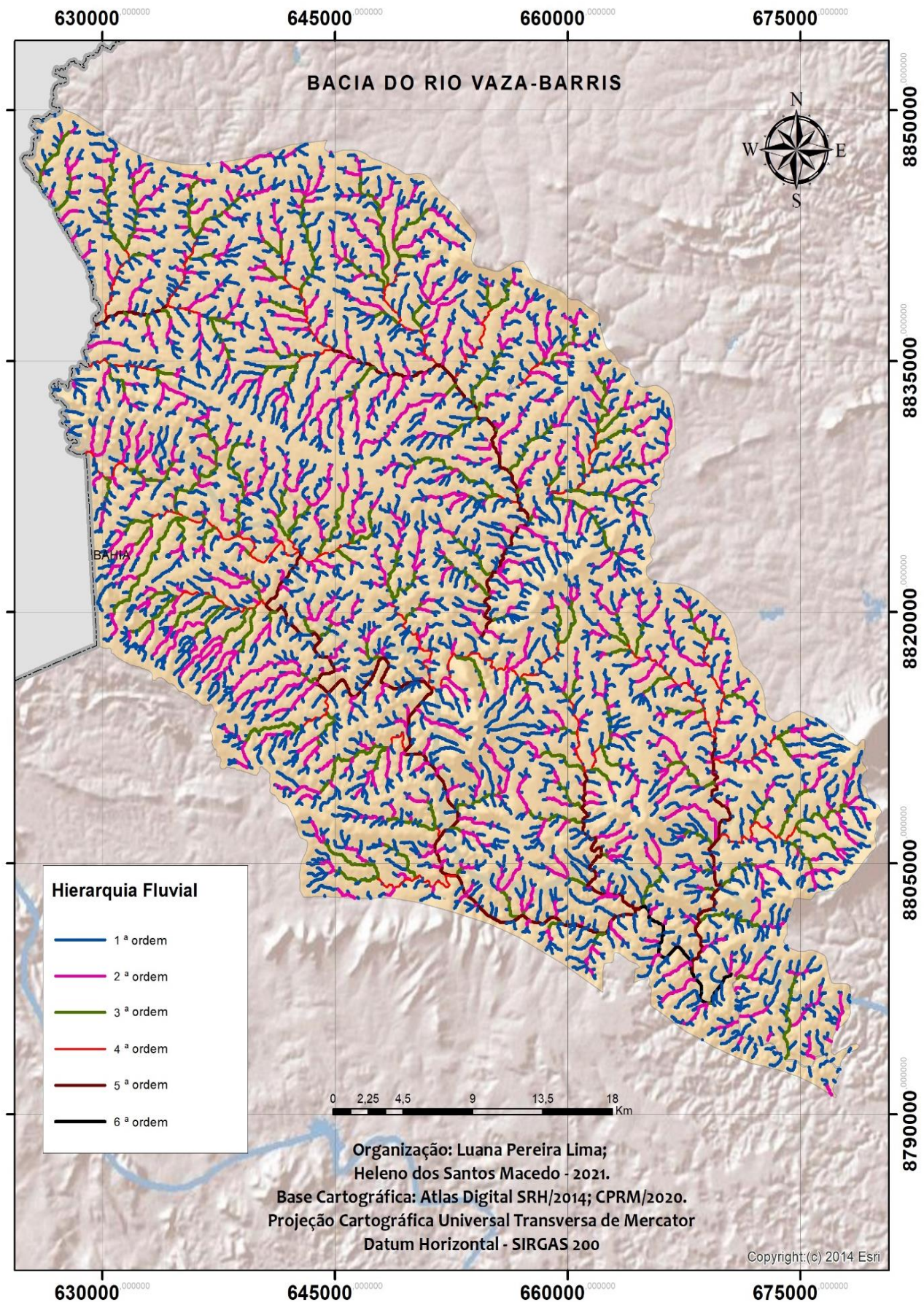


Figura 6 – Hierarquia fluvial da área da bacia hidrográfica do Rio Vaza-Barris inserida no Domínio.
Fonte: Autores, 2022.

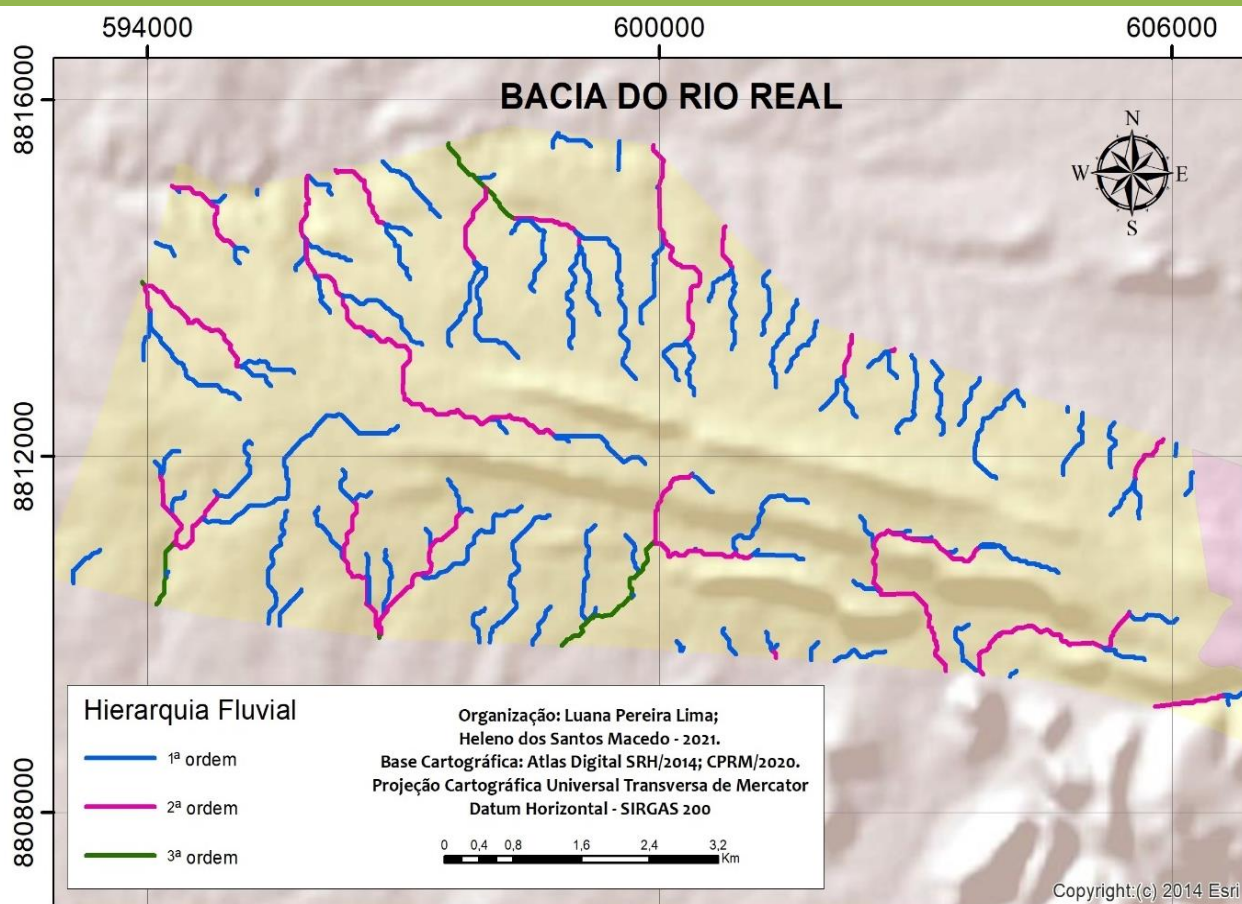


Figura 7 – Hierarquia fluvial da área da bacia hidrográfica do rio Real inserida no Domínio Vaza- Barris.
Fonte: Autores, 2022.

Tabela 1: Distribuição da hierarquia fluvial nas áreas das bacias hidrográficas no Domínio Vaza-Barris.

VAZA-BARRIS			SERGIPE			PIAUI			REAL		
Nº de canais	Ordem	%	Nº de canais	Ordem	%	Nº de canais	Ordem	%	Nº de canais	Ordem	%
2736	1ª	78	1893	1ª	77,7	474	1ª	75,4	106	1ª	80,4
593	2ª	16,9	416	2ª	17,1	113	2ª	18,0	21	2ª	15,9
144	3ª	4,1	99	3ª	4,1	30	3ª	4,8	5	3ª	3,7
26	4ª	0,8	22	4ª	0,9	9	4ª	1,5	-	-	-
5	5ª	0,2	5	5ª	0,2	2	5ª	0,3	-	-	-
1	6ª	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total de canais: 3505			Total de canais: 2435			Total de canais: 628			Total de canais: 132		

Elaboração: Autores, 2022.

Esse resultado implica baixa capacidade de produção hídrica e alta efemeridade dos rios. Os solos rasos de baixa capacidade de armazenamento de água, a vegetação de caatinga e o clima semiárido explicam o caráter intermitente de parte da rede de drenagem. Essa condição de efemeridade diminui progressivamente nos climas de transição para o semiárido e úmido litorâneo.

3.2. Relação de bifurcação

Segundo Strahler (1982), a relação de bifurcação corresponde à razão entre os números de canais de uma ordem e o número total dos segmentos de ordem imediatamente superior. Parte do princípio de que uma região de clima, litologia e estado de desenvolvimento uniformes, a relação de bifurcação tende a permanecer constante de uma ordem para a seguinte. Os valores dessa relação, que oscilam entre 3 e 5, são característicos dos sistemas fluviais. Valores extremamente altos desse índice podem ser esperados em regiões de vales rochosos escarpados, onde geralmente apresentam numerosos tributários de pequena extensão (Machado e Torres, 2012).

Os valores de relação de bifurcação indicam o grau de dissecação da área, quanto maior for o valor do índice, maior será o grau de dissecação. A relação tende a ser maior para áreas mais amorreadas, muito dissecadas, do que para áreas colinosas. A amplitude da variação desse parâmetro corresponde à baixa (< 3), média (entre 3 e 5) e alta (> 5) (Castro; Carvalho, 2009).

A relação de bifurcação discrimina a área a partir do desenvolvimento das redes de canais e de sua relação com a topografia e o substrato rochoso. Índices mais elevados correspondem a substratos rochosos com menor infiltração e maior escoamento superficial, por outro lado, índices menores correspondem aos substratos de maior permeabilidade e de menor escoamento superficial (Machado e Souza, 2005).

Nas áreas das bacias hidrográficas inseridas no Domínio Vaza-Barris, a relação de bifurcação média (Tabela 2) varia de 3,4 a 4,1, indicando serem necessários, em média, de 3,4 a 4,1 canais de uma ordem para formar um canal de ordem superior.

Tabela 2: Relação de bifurcação nas áreas das bacias hidrográficas do Domínio Vaza-Barris.

VAZA-BARRIS			SERGIPE			PIAUÍ			REAL		
Ordem	Nº de canais	Rb	Ordem	Nº de canais	Rb	Ordem	Nº de canais	Rb	Ordem	Nº de canais	Rb
1 ^a	2736	-	1 ^a	1893	-	1 ^a	474	-	1 ^a	106	-
2 ^a	593	4,6	2 ^a	416	4,5	2 ^a	113	4,1	2 ^a	21	4,8
3 ^a	144	4,1	3 ^a	99	4,1	3 ^a	30	3,6	3 ^a	5	3,5
4 ^a	26	5,3	4 ^a	22	4,3	4 ^a	9	3	-	-	-
5 ^a	5	4,3	5 ^a	5	3,6	5 ^a	2	3	-	-	-
6 ^a	1	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rb média		4,1	Rb média		4,1	Rb média		3,4	Rb média		4,1

Elaboração: Autores, 2022.

Na área do Domínio Vaza-Barris, o valor de bifurcação médio foi de 3,9, considerado mediano, assinalando um relevo colinoso, em geral. As características climáticas e

litológicas são os principais fatores que controlam esse parâmetro. Grande parte do volume de chuva que chega à superfície infiltra nos terrenos derivados de litologia metassedimentar e com declive suave, características que condicionam a predominância da infiltração sobre o escoamento. Como resultado, tem-se uma constante relação de bifurcação média em toda a área.

Os valores de bifurcação entre os canais de primeira e segunda ordem nas áreas das bacias são os maiores, com exceção da bacia do rio Vaza-Barris. Esses valores indicam nascentes com relevos mais dissecados (Figura 8). Nas áreas das bacias dos rios Piauí e Real, os valores de bifurcação vão decrescendo conforme aumenta a hierarquia, a dissecção acompanha esse decréscimo com relevo colinoso mais suave e aplainado. Nas áreas das bacias dos rios Sergipe e Vaza-Barris, há um decréscimo na bifurcação entre a segunda e terceira ordem, e volta a aumentar na ordem seguinte, indicando uma maior dissecção próximo aos principais e maiores canais fluviais dessas bacias.



Figura 8 – Relevo mais dissecado em cabeceiras de drenagem – município de Poço Verde.

Fonte: Autor, 2020.

3.3. Padrões de drenagem

Os padrões de drenagem são influenciados por muitos fatores, incluindo variáveis climáticas e litológicas, mas a estrutura geológica é o principal fator. Estabelecendo controles mediante inclinações regionais da superfície ou por descontinuidades estruturais, como falhas e fraturas, que podem acarretar assimetria da bacia hidrográfica ou mudança brusca do padrão de drenagem (Howard, 1967; Lima, 2006).

Na figura 9 estão destacados os principais padrões de drenagem encontrados na área do Domínio Vaza-Barris, conforme Howard (1967); Christofolletti (1980) e Lima (2006).

Na área da bacia do Rio Real, sobre a formação Olhos d'água, predomina o padrão de drenagem paralela, divergindo da área central nas direções norte e sul. Perpendicular aos canais a norte e sul da área, estão posicionadas cristas alongadas mais resistentes que provocaram mudança dos canais no centro da área. Essas mudanças de curso são identificadas a partir dos ângulos e canais retilíneos que se orientam pelas cristas no sentido noroeste-sudeste.

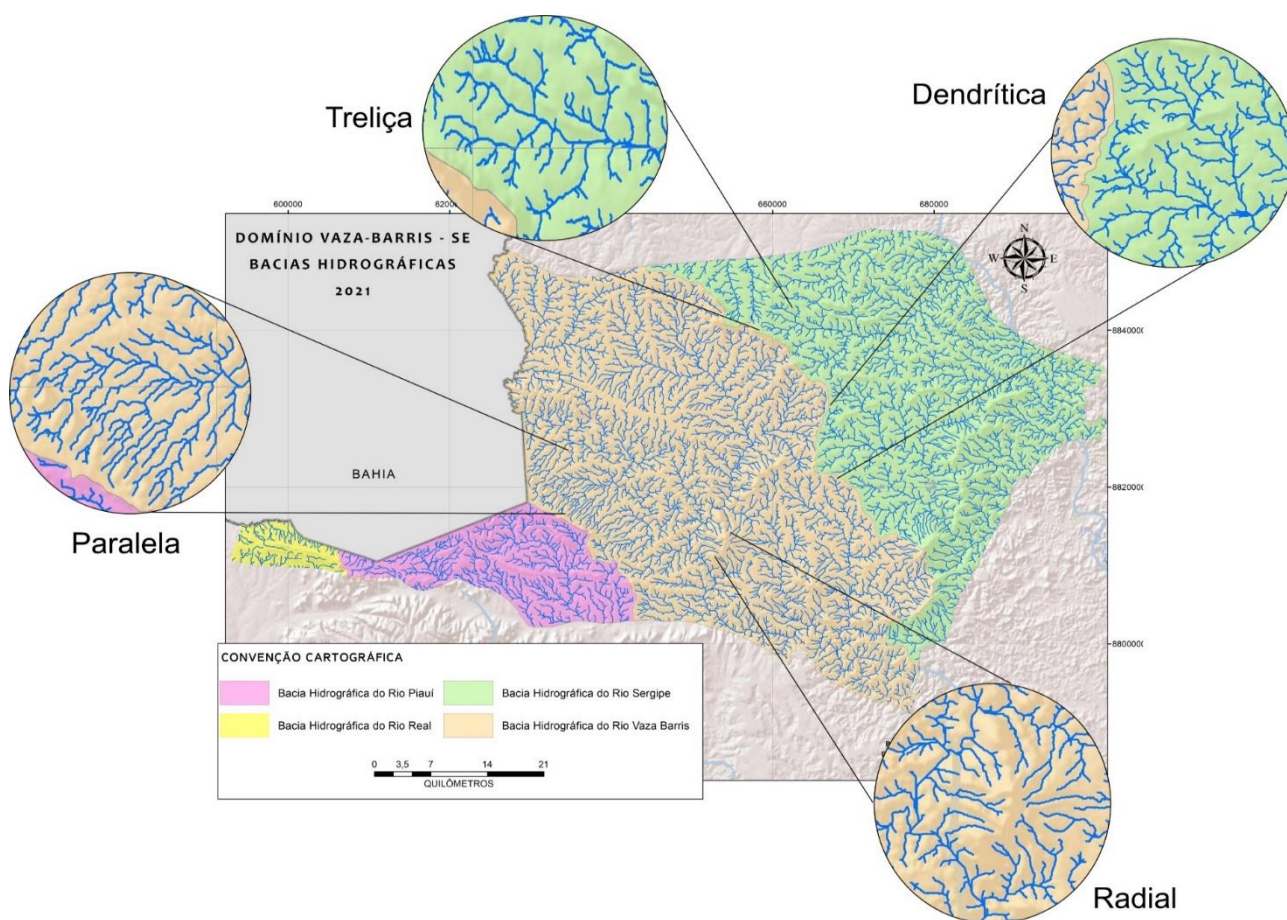


Figura 9 – Principais padrões de drenagem encontrados no Domínio Vaza-Barris.
Fonte: Autores, 2022.

Sobre as formações Olhos d'água, Frei Paulo-Ribeirópolis, Jacarecica e Domo de Simão Dias, a rede de drenagem da bacia do rio Piauí se configura em dois tipos principais de padrões: dendrítica e paralela. Na porção norte da área predomina o padrão dendrítico desenvolvido sobre rochas de resistência uniforme (metacalcários), apresentando algumas confluências em ângulos retos, consideradas anomalias que denunciam controle estrutural. Esse controle fica evidente na porção sul da área com rede de drenagem em padrão

paralelo, seguindo a direção (noroeste-sudeste) da zona de cisalhamento do rio Jacaré, partindo da Serra do Cabral que margeia o Domo Simão Dias.

Na área da bacia do rio Sergipe são encontrados os padrões de drenagem dendrítica, paralela, radial e treliça. A drenagem dendrítica predomina em toda a área, com ramificações irregulares distribuídas em todas as direções, sobre rochas de resistência uniforme da formação Frei Paulo-Ribeirópolis. A paralela encontra-se principalmente ao longo de cristas alongadas nas porções leste e sudeste, constituídas por material mais resistente da formação Itabaiana, margeando o domo. O padrão treliça está presente nas porções noroeste, norte e nordeste em canais bem marcados pela estrutura, seguindo a direção das zonas de cisalhamento presentes na área, como a falha de Mocambo. O padrão radial encontra-se em forma centrífuga, com os canais divergindo a partir de um ponto central que é a Serra de Itabaiana, na porção sul da área.

Todas as formações presentes no Domínio Vaza-Barris estão na área da bacia do rio Vaza-Barris, onde são encontrados os padrões de drenagem radial, paralela e dendrítica. A paralela se encontra ao longo de cristas alongadas nas porções noroeste e sudoeste da bacia, constituídas por material mais resistente da formação Olhos d'água, seguindo o direcionamento sudoeste-nordeste. O padrão radial encontra-se em forma centrífuga, com os canais divergindo a partir de pontos centrais que são a Serra da Miaba, a Ribeira e serras no município de Macambira, nas porções sul e sudoeste da área. A dendrítica predomina nas porções norte e central, com ramificações irregulares distribuídas em todas as direções, sobre rochas de resistência uniforme da formação Frei Paulo-Ribeirópolis, principalmente.

Observa-se na área do Domínio Vaza-Barris uma variedade de padrões de drenagem, resultando em uma configuração complexa. O controle estrutural sobre o arranjo da drenagem evidencia-se ao analisar suas configurações no Domínio Vaza-Barris, através das confluências em ângulos retos, canais retilíneos e direcionamento dos canais seguindo zonas de falhas, fraturas e litologias com grau de resistência distintas das áreas adjacentes.

O canal do rio Vaza-Barris manifesta esse controle em sua forma com muitas mudanças de direção em ângulos retos (Figura 10), seguindo a estrutura na divisa dos municípios de Simão Dias, Pinhão, Pedra Mole e Lagarto. O canal do rio Sergipe também apresenta mudanças de direção em ângulos retos, vale encaixado e leito rochoso entre os municípios de São Miguel do Aleixo e Nossa Senhora das Dores (Figura 11).



Figura 10 – Trecho do Rio Vaza-Barris encaixado na estrutura.
Fonte: Modificado de Google Earth, 2021.



Figura 11 – Vale encaixado do Rio Sergipe, município São Miguel do Aleixo.
Fonte: Autor, 2019.

3.4. Densidade de drenagem e densidade de rios

A densidade de drenagem correlaciona o comprimento total dos canais com a área. Em ambientes com condições climáticas semelhantes, o comportamento hidrológico do terreno repercute na densidade de drenagem. Onde a infiltração encontra maior dificuldade, há o favorecimento do escoamento superficial, gerando possibilidade para a esculturação de canais, como em litologias clásticas de granulação fina, e, conseqüentemente, densidade de drenagem mais elevada (Christofoletti, 1980).

Uma densidade de drenagem alta indica boa disponibilidade hídrica em superfícies de rochas pouco resistentes, de solos impermeáveis, de escassa cobertura vegetal ou de relevo acidentado, podendo ou não possuir simultaneamente todas essas características. Contrariamente, uma densidade de drenagem baixa indica escassa disponibilidade hídrica superficial, rochas resistentes, solos com alta infiltração, cobertura vegetal densa ou relevo suave (Machado; Torres, 2012).

A densidade ou frequência de rios equivale à relação entre a quantidade de cursos de água e a área. O número de canais de determinada bacia é uma noção básica para demonstrar a sua magnitude. A densidade de rios de suma importância representa matematicamente a capacidade que a bacia tem de gerar novos cursos de água (Christofolletti, 1980).

Com média de 1,74 de densidade de drenagem e 2,11 de densidade de rios (Quadro 2), o Domínio Vaza-Barris tem disponibilidade hídrica baixa a mediana. A baixa disponibilidade hídrica superficial reflete as condições climáticas que oscilam entre semiárido e de transição para o semiárido, principalmente, e do regime fluvial das bacias hidrográficas que, até o adentrar o estado de Sergipe, tem efemeridade acentuada pela semiaridez mais severa. As rochas são resistentes, em terrenos de litologia metamórfica e predominam solos com alta infiltração. Essas condições culminam em uma baixa densidade de drenagem na área do Domínio Vaza-Barris.

Quadro 2: Densidade de rios, densidade de drenagem e áreas das bacias hidrográficas.

Área das bacias inseridas no Domínio Vaza-Barris	Densidade de rios	Densidade de drenagem
Real – 58,82 km ²	2,24	1,69
Piauí – 289,89 km ²	2,16	1,83
Sergipe – 1199,18 km ²	2,03	1,70
Vaza-Barris – 1721,22 km ²	2,03	1,75

Elaboração: Autor, 2021.

A densidade de drenagem é um parâmetro importante para retratar o relevo, pois quanto mais desenvolvida a rede de drenagem, maior a capacidade de remoção de materiais. Por outro lado, áreas com uma densidade de drenagem menor, o escoamento ao longo dos cursos de água flui mais rapidamente, acelerando a concentração das águas, intensificando as enchentes (Machado; Torres, 2012). A densidade de drenagem, a frequência dos rios e a amplitude interfluvial são variáveis que interferem na dissecação do relevo.

Os resultados obtidos para o Domínio Vaza-Barris estão representados no quadro 2. Nos parâmetros estabelecidos, considerou-se de baixa densidade de drenagem e frequência dos rios e, de alta amplitude interfluvial. De modo geral, não apresenta alta capacidade de remoção de materiais, mas, por estar em regime pluviométrico subúmido de transição e semiárido, com chuvas concentradas e escoamento rápido entre os cursos de água, as enchentes são recorrentes em períodos de chuva. Elevando significativa e momentaneamente a capacidade de remoção de materiais.

3.5. Perfis longitudinais e gradiente

O gradiente altimétrico e sua relação com a extensão dos segmentos dos canais, expresso nos perfis longitudinais, revelaram variação na área do Domínio Vaza-Barris, de 1,50 a 20,31. A geometria dos perfis retrata canais ajustados e contornos suaves até perfis mais íngremes e canais desajustados, com rupturas de declive, *knickpoints* (Figuras 12 a 15).

Observando os perfis longitudinais de 10 canais fluviais escolhidos nas áreas de bacias hidrográficas do Domínio Vaza-Barris, destaca-se a diversidade quanto ao equilíbrio desses canais.

Os perfis longitudinais dos rios Sergipe e Vaza-Barris, com valores de gradiente 2,6 m/km e 1,5 m/km, respectivamente, embora côncavos, estão mais evoluídos nos pontos terminais, apresentando certa horizontalidade. Os baixos gradientes altimétricos e o desenho do perfil atestam o relevo aplainado em uma extensão expressiva desses canais.

Os perfis do riacho Saco do Camisa, rio Jacaré, rio Jacoca, rio Salgado e rio Traíras, com 20,31 m/km, 6,44 m/km, 6,59 m/km, 4,39 m/km e 6,33 m/km de gradiente, respectivamente, são mais irregulares, com porções convexas.

O riacho Saco do Camisa e os rios Jacaré e Jacoca mantêm a declividade na maioria do percurso até perder altimetria suavemente nos trechos finais. Já os rios Salgado e Traíra, a mudança de declividade, nos trechos finais, ocorre de forma mais acentuada. Este último apresenta nítido *knickpoint* seguido de convexidade até o seu percurso final horizontalmente.

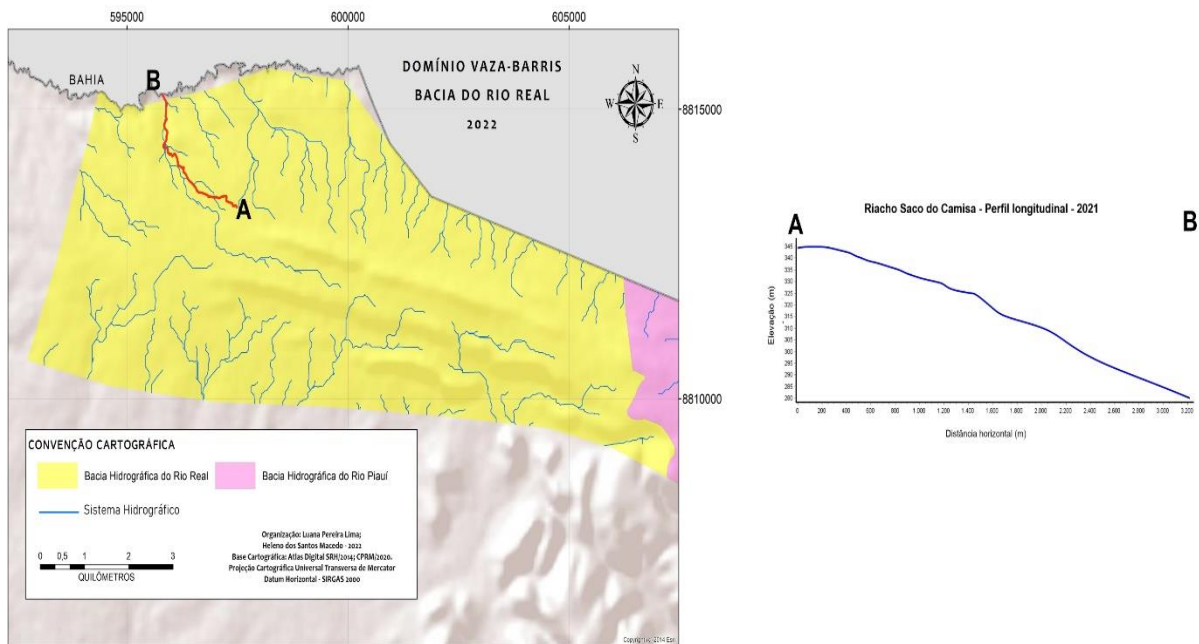


Figura 12 – Perfil longitudinal de canal fluvial na área da bacia do rio Real.

Fonte: Autores, 2022.

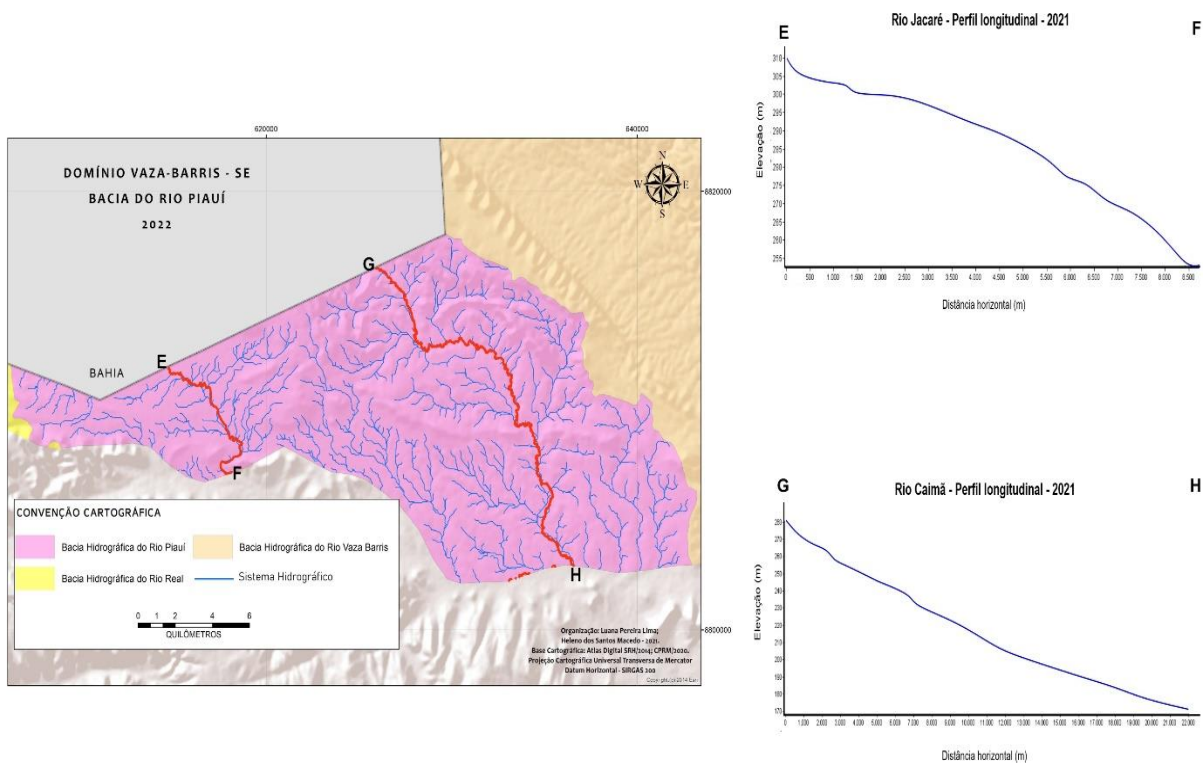


Figura 13 – Perfis longitudinais de canais fluviais na área da bacia do rio Piauí.

Fonte: Autores, 2022.

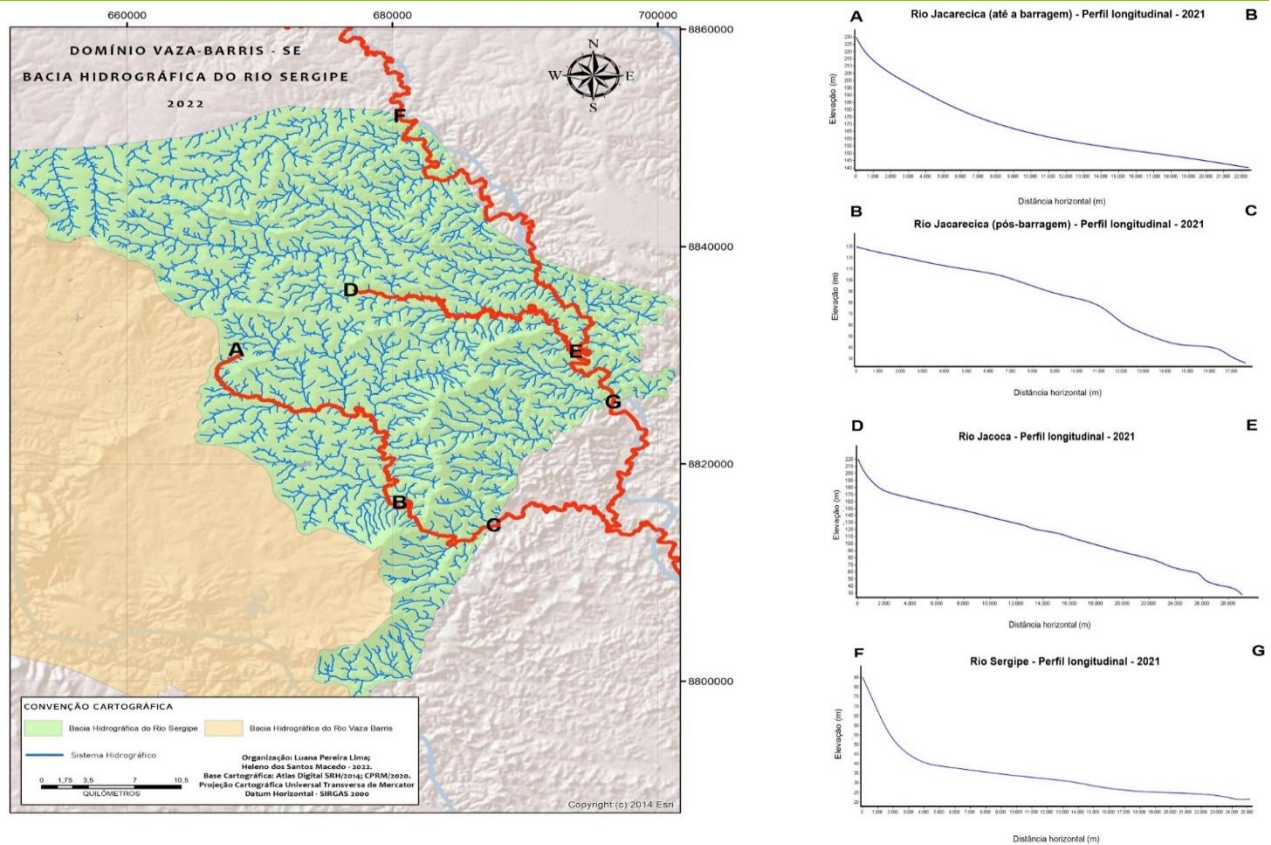


Figura 14 – Perfis longitudinais de canais fluviais na área da bacia do rio Sergipe.

Fonte: Autores, 2022.

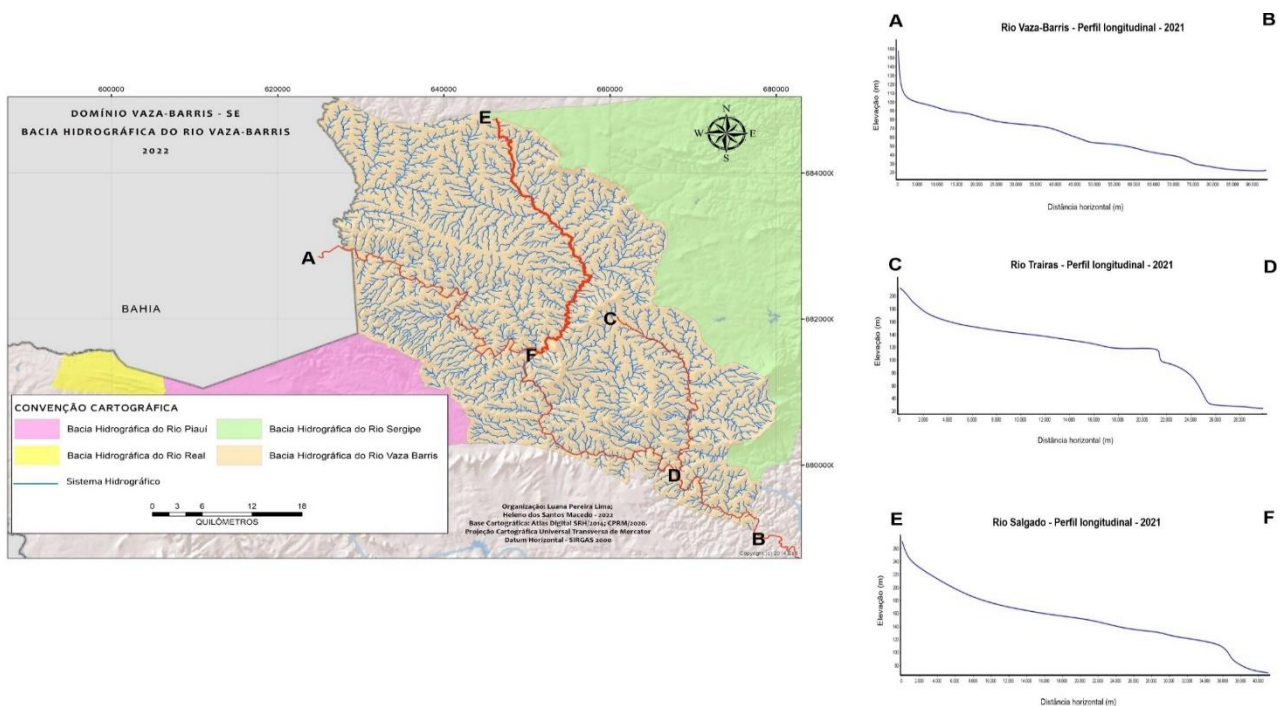


Figura 15 – Perfis longitudinais de canais fluviais na área da bacia do rio Vaza-Barris

Fonte: Autores, 2022.

As descontinuidades nas declividades dos perfis longitudinais referem-se a patamares do relevo, descontinuidades litológicas, ou estrutura (falhas e fraturas). Aparecem junto a elevações residuais e aos vales dos principais afluentes. No perfil longitudinal do rio Traíras estão bem demarcadas as rupturas de declive, associadas aos relevos residuais em rochas quartzíticas da formação Itabaiana (Figura 16).



Figura 16 – Rio Traíras encaixado em rochas quartzíticas, Poção da Ribeira, São Domingos.

Fonte: Autor, 2016.

O perfil do rio Jacarecica antes das barragens, possui gradiente de 4,01 m/km em um perfil côncavo típico até o nível de base local e de 5,71 m/km depois das barragens, em um perfil com poucas mudanças altimétricas e de declividade suave até o seu trecho final, onde ocorrem duas rupturas e formatos côncavos. O perfil do rio Caimã, com gradiente de 5 m/km, apresenta um decréscimo suave da altimetria e do declive, em um perfil levemente côncavo.

3.6. Declividade

Os dados de declividade do Domínio Vaza-Barris foram classificados em sete intervalos, variando de 0 a $> 45^\circ$ (Figura 17).

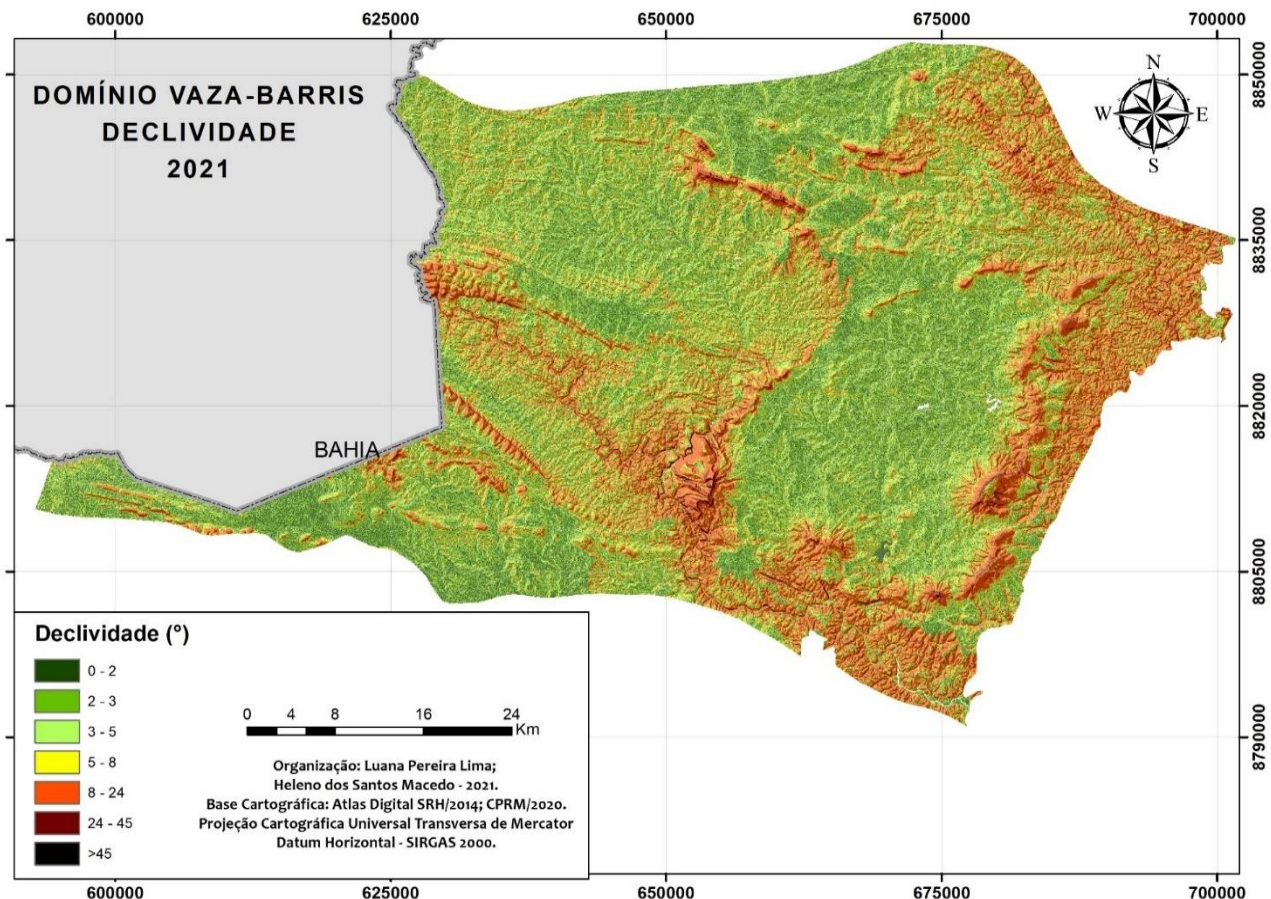


Figura 17 – Declividade do Domínio Vaza-Barris.

Fonte: Autores, 2022.

Aponta o predomínio de relevo ondulado (3° a 5°) e plano (0 ao 2°). Bordejando os domos de Itabaiana e Simão Dias, nas serras residuais e ao longo de vales encaixados, a exemplo dos rios Sergipe e Vaza Barris (Figura 18), há o aumento da declividade (8° a 24°), representando um relevo fortemente ondulado. Os declives mais acentuados (24° a 45°) têm maior ocorrência nas bordas leste e sudoeste do Domo de Itabaiana, apresentando relevo montanhoso. A declividade $>45^{\circ}$, que configura o relevo escarpado, só ocorre no topo das serras Itabaiana e Miaba, que chegam a apresentar 77° de declive.



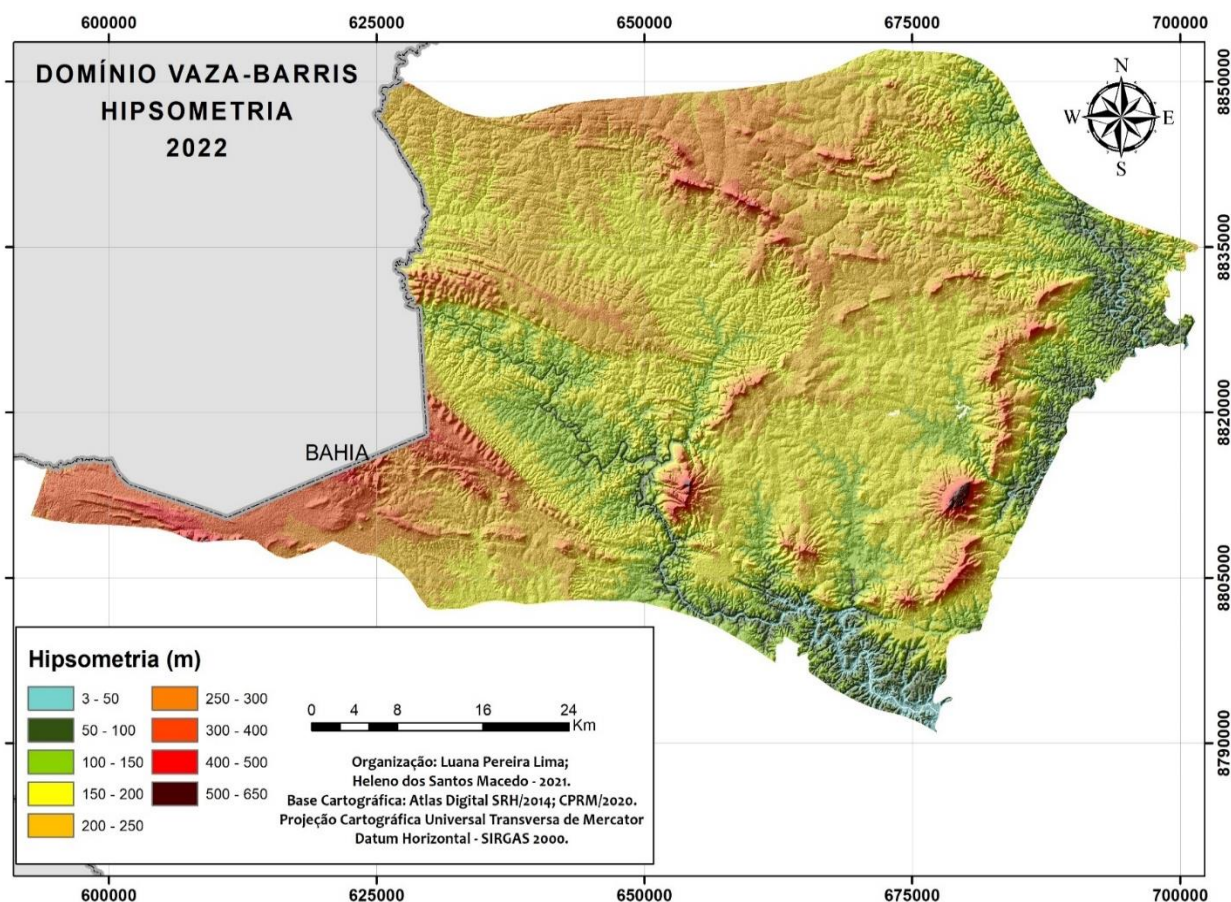
Figura 18 – Vale encaixado do Rio Vaza-Barris entre os municípios de Pinhão e Simão Dias.

Fonte: Autor, 2022.

Nas declividades nula e suave (0 ao 3°) são encontrados solos mais desenvolvidos (argissolos), e em ambientes bem drenados, solos pouco profundos (plintossolo e planossolo) pelo excesso de drenagem em áreas mais rebaixadas. Em relevo ondulado, com declividades mais fortes (3° a 24°), são encontrados solos de cores claras e pouco profundos (cambissolo, luvisso e neossolo) e solos medianamente profundos (argissolo) e moderadamente drenados. Nos declives mais acentuados (acima de 45°), ocorrem solos pedregosos e/ou rochosos (neossolos litólicos), muito suscetíveis à erosão e bem drenados.

3.7. Hipsometria

Os dados hipsométricos do Domínio Vaza-Barris foram classificados em nove intervalos, variando de 3 a 675 m (Figura 19).

**Figura 19 – Hipsometria do Domínio Vaza-Barris.****Fonte:** Autores, 2022.

As maiores altitudes concentram-se nas bordas do Domo de Itabaiana, em litologias mais resistentes, com variação de 300 a 650 m, no topo da Serra de Itabaiana. Na porção noroeste, observa-se um patamar com altitudes variando de 200 a 500 m em litologias de quartzito nas escarpas, formando um anfiteatro erosivo e na base depósitos colúvio-eluviais.

Nas bordas do Domo de Simão Dias e em sua porção a sudoeste, no município de Poço Verde, as altitudes variam de 200 a 500 m, na Formação Olhos d'Água. Essa variação altimétrica também se encontra em uma faixa que limita o anticlinório, próximo à cidade de Pinhão, na porção oeste do Domínio Vaza-Barris. São áreas com litologia que resistiram à erosão diferencial. Com variação de 3 a 150 m, estão as áreas mais rebaixadas pela dissecação, nos vales dos principais canais.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os índices selecionados para as análises morfométricas foram direcionados à interpretação do papel da rede de drenagem na denudação e da influência da estrutura em sua atuação no Domínio Vaza-Barris. Os resultados evidenciam um grau de dissecação médio para a área de abrangência do referido domínio, com relevo colinoso em larga escala, resultado da predominância da infiltração sobre o escoamento superficial.

Observam-se padrões de drenagem variados, ora sem direção preferencial em litologia de resistência uniforme; ora com direção controlada pela estrutura e litologias com maior grau de resistência, culminando em retilinearidade e mudança de direção em ângulos retos; ora evidenciando as feições residuais em padrão radial divergindo a partir dessas áreas com maior altimetria.

A baixa densidade de drenagem e de rios reflete as condições climáticas subúmidas e semiáridas, da alta infiltração dos solos e da litologia resistente. A dissecação do Domínio Vaza-Barris, de modo geral, é condicionada pela estrutura e densidade de lineamentos. As áreas mais dissecadas coincidem com as áreas de maior concentração de lineamentos.

Os perfis longitudinais apresentam-se mais evoluídos, com concavidade acentuada, posicionados em cotas mais baixas que servem como nível de base para os canais adjacentes. É o caso dos rios Vaza-Barris e Sergipe, onde predomina a dissecação. Apresentam-se mais retilíneos em áreas onde predominam os aplanamentos, como o rio Jacoca. Exibem-se mais convexos, demonstrando desequilíbrio em área de patamar elevado em rochas resistentes, exemplo trecho do rio Jacaré.

As declividades mais acentuadas marcam o predomínio da dissecação e ressaltam as áreas de litologias mais resistentes e de maior controle estrutural. Os intervalos definem topografias que vão de planas a escarpadas, com predomínio de relevo ondulado atestado pela relação de bifurcação.

A hipsometria apresenta patamares mais elevados a noroeste e sudoeste, sustentados por litologias mais resistentes; área escavada no anticlinório de Pinhão, truncada pelos relevos residuais; área com cotas mais baixas seguindo os cursos dos principais rios, Sergipe e Vaza-Barris.

Os índices morfométricos extraídos revelaram a intensidade da atuação da rede de drenagem em consonância com a estrutura, culminando na denudação e na diferenciação dos modelados do relevo. Após análise dos resultados, pôde-se concluir que as singularidades estruturais, litológicas, tectônicas e fisiográficas interferiram na atuação da rede de drenagem sobre a esculturação do relevo do Domínio Vaza-Barris.

REFERÊNCIAS

BRASIL. INCRA. INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Manual de Obtenção de Terras e Perícias Judiciais**. Brasília, 2006.

CASTRO, S. B.; CARVALHO, T. M. Análise morfométrica e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Turvo - GO, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. **Scientia Plena**, São Cristóvão, v. 5, n. 2, p. 1-7, 2009.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1980. 188p.

HOWARD, A. D. Drainage analysis in geologic interpretation: summation. **Bulletin American Association of Petroleum Geologist**, v. 51, p. 2246-2259, 1967.

LIBAULT, A. **Os quatros Níveis da Pesquisa Geográfica**. São Paulo: USP, 1971. 14p.

LIMA, M. I. C. **Análise de drenagem e seu significado geológico-geomorfológico**. Belém: UFPA, 2006.

MACHADO, G.; SOUZA, J. O. P. Análise Morfométrica da Bacia Hidrográfica do rio Chôco - Ibaiti - PR. In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA. 10., 2005, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2005. p. 8366-8382.

MACHADO, P. J. O.; TORRES, F. T. P. **Introdução à Hidrogeografia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012. 192p.

SANTOS, M.; LADEIRA, F. S. B.; BATEZELLI, A. Indicadores Geomórficos Aplicados à Investigação de Deformação Tectônica: uma revisão. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 287-316, 2019.

STRAHLER, A. N. **Geografia Física**. Barcelona: Omega, 1982. 636p.

Recebido: 11/05/2025

Aceito: 28/08/2025