SCIENTIA PLENA
www.scientiaplena.org.br
VOL. 22, NUM. 10 2026
doi: 10.14808/sci.plena.2026.105301

Análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Real (SE) para identificação de áreas suscetíveis à erosão hídrica

Morphometric analysis of the Rio Real Watershed (SE) to identify areas susceptible to water erosion

M. G. M. Santos; P. S. R. Nascimento*

Laboratório de Geoprocessamento Ambiental – LAGEO/Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Sergipe, 49107-230, São Cristóvão-Sergipe, Brasil

**psrn.geologia@gmail.com*
(Recebido em 09 de agosto de 2026; aceito em 13 de outubro de 2026)

No Brasil, a gestão dos recursos hídricos é estruturada a partir da bacia hidrográfica como unidade territorial de planejamento, conforme estabelecido pela Política Nacional de Recursos Hídricos. Nesse contexto, a análise integrada dos aspectos físicos, hidrológicos e morfométricos da bacia hidrográfica constitui uma etapa essencial para compreender sua dinâmica e subsidiar ações de gestão. Este estudo analisa os índices morfométricos da porção sergipana da Bacia Hidrográfica do Rio Real, buscando compreender seu comportamento hidrológico e sua propensão à ocorrência de inundações e processos erosivos. Os índices relacionados à geometria da bacia, como o fator de forma (0,128), o coeficiente de compacidade (2,62), o índice de circularidade (0,14) e a razão de elongação (0,40), indicam um formato alongado, que favorece a distribuição do escoamento ao longo do tempo. Esse comportamento é reforçado pelo elevado tempo de concentração (78,8 h), caracterizando uma resposta hidrológica lenta. Contudo, os parâmetros de relevo evidenciam condições propícias à ocorrência de erosão do solo. A amplitude altimétrica (604,4 m), associada ao índice de rugosidade (1063,74) e à razão de relevo (0,0044), indica um relevo que varia de suavemente ondulado a ondulado. A densidade de drenagem (1,76 km/km²) e a densidade hidrográfica (1,107 rios/km²) demonstram uma rede de drenagem bem desenvolvida, contribuindo para o escoamento eficiente da água e o transporte de sedimentos. A baixa declividade do canal principal (0,00221 m/m) pode favorecer a deposição de sedimentos ao longo do curso d'água. A bacia apresenta, portanto, condições favoráveis à ocorrência de processos erosivos em áreas de maior declividade.
Palavras-chave: geoprocessamento, recursos hídricos, assoreamento.

In Brazil, water resources management is structured around the river basin as the territorial unit for planning, as established by the National Water Resources Policy. In this context, an integrated analysis of the physical, hydrological, and morphometric aspects of the river basin is essential for understanding its dynamics and informing management actions. This study analyzes the morphometric indices of the Sergipe portion of the Real River Basin, aiming to understand its hydrological behavior and its susceptibility to erosive processes. Indices related to basin geometry—such as the shape factor (0.128), compactness coefficient (2.62), circularity index (0.14), and elongation ratio (0.40)—indicate an elongated shape, which favors the distribution of runoff over time. This behavior is reinforced by the long time of concentration (78.8 h), characterizing a slow hydrological response. However, relief parameters reveal conditions conducive to soil erosion. The altitudinal range (604.4 m), associated with the ruggedness index (1063.74) and the relief ratio (0.0044), indicates terrain ranging from gently undulating to undulating. Drainage density (1.76 km/km²) and stream frequency (1.107 streams/km²) demonstrate a well-developed drainage network, contributing to efficient water runoff and sediment transport. The low slope of the main channel (0.00221 m/m) may favor sediment deposition along the watercourse. The basin therefore presents conditions favorable to the occurrence of erosive processes in areas with steeper slopes.
Keywords: geoprocessing, water resources, siltation.

1. INTRODUÇÃO

As projeções globais indicam que os recursos hídricos estarão sujeitos a pressões crescentes nas próximas décadas, elevando o risco de escassez em razão da expansão das atividades produtivas e do processo de urbanização [1-3]. Nesse cenário, a gestão dos recursos hídricos demanda um planejamento respaldado por bases técnicas consistentes, capaz de conciliar o

desenvolvimento econômico com a sustentabilidade ambiental, bem como de fortalecer a participação social e a descentralização da gestão [4, 5].

No Brasil, a Lei nº 9.433/97, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) [5], estabelece a bacia hidrográfica como unidade territorial de referência para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos. Essas unidades desempenham papel essencial na manutenção dos ecossistemas e na qualidade de vida das populações, ao integrarem processos hidrológicos e ambientais e orientarem a disponibilidade hídrica para diferentes usos. Além disso, as bacias hidrográficas exercem influência significativa sobre a dinâmica hidrológica, contribuindo para a regulação dos fluxos de água, a dinâmica das inundações e dos processos erosivos [6].

Apesar de sua relevância ambiental e socioeconômica, as bacias hidrográficas têm sido progressivamente submetidas a intervenções antrópicas, sobretudo em decorrência da expansão urbana e das atividades agropecuárias [7, 8]. Suas características físicas são influenciadas tanto por fatores naturais, relacionados à suscetibilidade do meio à degradação, quanto por fatores antrópicos, decorrentes das intervenções humanas, que podem modificar ou intensificar as condições ambientais originais [9]. Assim, os estudos voltados às bacias hidrográficas são fundamentais para identificar alterações e vulnerabilidades ambientais, contribuindo para o planejamento e a tomada de decisões mais eficientes na gestão dos recursos hídricos [10].

A análise dos parâmetros físicos, do relevo e da rede hidrográfica constitui uma importante abordagem para a caracterização morfométrica das bacias hidrográficas, permitindo compreender sua configuração espacial e as condições topográficas que influenciam a dinâmica hidrológica e geomorfológica [11, 12]. Essas características exercem influência direta sobre processos como a infiltração, a evapotranspiração e o escoamento superficial, além de condicionarem a suscetibilidade da bacia a fenômenos como as inundações, a erosão hídrica e o assoreamento dos corpos d'água [13]. Dessa maneira, os estudos morfométricos possibilitam a identificação de fragilidades e potencialidades ambientais, fornecendo informações essenciais para subsidiar o planejamento e a gestão dos recursos hídricos [14, 15].

Para viabilizar a análise integrada dessas informações, o avanço das geotecnologias tem ampliado as possibilidades de aplicação em estudos técnico-científicos, ao permitir maior agilidade e eficiência na aquisição,processamento e análise de dados, além de gerar produtos capazes de apoiar o planejamento e a gestão ambiental [16]. Entre essas ferramentas, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) destacam-se nos estudos morfométricos por possibilitarem o processamento, o armazenamento, a representação e a atualização de informações espaciais. Essas capacidades favorecem a elaboração de diagnósticos mais precisos sobre as características das bacias hidrográficas, contribuindo para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos [5, 17].

A aplicação dessas abordagens torna-se particularmente relevante em bacias hidrográficas que apresentam múltiplos usos dos recursos naturais e diferentes níveis de intervenção antrópica, como a Bacia Hidrográfica do Rio Real (BHRR), que integra o conjunto das oito bacias hidrográficas que compõem o estado sergipano [18]. Seus recursos hídricos apresentam múltiplos usos, incluindo o abastecimento público, a irrigação agrícola, a pesca e as atividades turísticas, desempenhando um importante papel na geração de emprego e renda para a região [19]. De acordo com dados do MapBiomas (2024) [20], a cobertura e o uso da terra na bacia estão predominantemente associados às atividades agropecuárias. Entretanto, a intensificação do uso do solo, especialmente em áreas de mata ciliar, pode potencializar processos erosivos, contribuir para o assoreamento dos cursos d'água e comprometer a qualidade dos solos [21].

Com base no exposto, o presente trabalho teve como objetivo analisar a suscetibilidade à erosão hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio Real (SE), por meio da caracterização morfométrica em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), com ênfase na identificação e interpretação das limitações físicas, hidrológicas e de relevo, a fim de subsidiar o planejamento e a gestão da bacia.

É importante ressaltar que este artigo se diferencia do estudo de Santos e Nascimento [9] (2024) por ir além da caracterização física da bacia, ao integrar o mapa oficial de suscetibilidade à erosão dos solos da Embrapa e a densidade de drenagem, elaborada pelos autores, como subsídios à análise e à validação dos resultados morfométricos. O estudo também utiliza a mesma área de estudo e fundamentação de Melo et al. (2020) [22], mas atualiza e amplia essa abordagem ao adequar o recorte espacial à porção sergipana da Bacia Hidrográfica do Rio Real, em

consonância com a escala de gestão estabelecida pela Política Estadual de Recursos Hídricos de Sergipe. Além disso, amplia a análise estritamente física e geométrica ao incorporar um diagnóstico ambiental aplicado, integrando o uso e a cobertura do solo, a pedologia, a densidade de drenagem e o mapa oficial de suscetibilidade à erosão da Embrapa, resultando em uma abordagem mais abrangente e aplicável à gestão territorial e dos recursos hídricos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

A área de estudo abrange a porção sergipana da BHRR, localizada entre longitudes 38°14′38″ W e 37°24′27″ W e as latitudes 11°34′07″ S e 10°42′07″ S, ocupando uma área aproximada de 2.386,44 km². Essa área compreende os municípios de Poço Verde, Tobias Barreto, Simão Dias, Riachão do Dantas, Tomar de Geru, Itabaianinha, Cristinápolis, Umbaúba e Indiaroba (Figura 1).

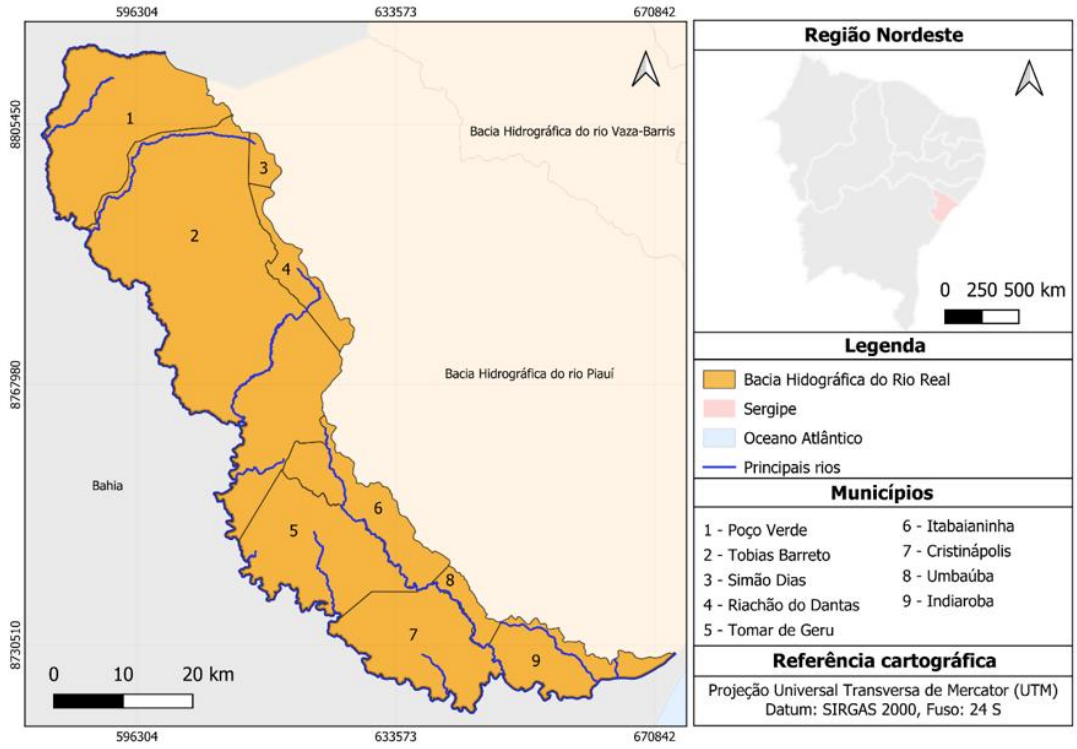


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo. Fonte: Adaptado de Semac [18].

2.2 Aquisição e processamento dos dados

A caracterização da área de estudo foi realizada a partir de dados vetoriais referentes aos limites estaduais e municipais, à delimitação das bacias hidrográficas, ao oceano, à pedologia, à rede hidrográfica e à precipitação (isoietas), disponibilizados no portal SerHidro [18], além de dados da décima coleção do MapBiomas (2024) [20], referentes ao uso e à cobertura da terra. A classificação do MapBiomas resultou em quatorze classes, que foram agrupadas em seis categorias (Quadro 1), com base nas similaridades funcionais e ambientais dos tipos de ocupação territorial. As áreas correspondentes a cada categoria foram calculadas com o auxílio da ferramenta r.report, pertencente ao módulo GRASS GIS, integrada ao software QGIS.

Quadro 1: Agrupamento das classes de uso da terra.

Agrupamento das classes	Classes (MapBiomas)
Agropecuária	Outras lavouras temporárias
	Mosaico de Usos
	Sivicultura
Área urbanizada	Área urbanizada
	Outras Áreas não vegetadas
Curso d'água	Rio, lago e oceano
	Aquicultura
Floresta	Formação Florestal
	Formação Savânica
	Mangue
Pastagem	Pastagem
Vegetação herbácea	Campo Alagado e Área Pantanosa
	Formação Campestre
	Restinga Herbácea

Os mapas foram elaborados em ambiente SIG, utilizando o sistema de projeção UTM e o datum SIRGAS 2000. Foram utilizados dados derivados do Modelo Digital de Elevação (MDE), obtido no banco de dados do projeto Topodata, disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e gerado com base nos dados da missão Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), com resolução espacial de 30 × 30 metros, considerada adequada ao detalhamento das análises morfométricas [23]. A partir do MDE, foram gerados os mapas de hipsometria e declividade. A reclassificação dos valores altimétricos e de declividade foi realizada por meio do módulo r.reclass, do pacote GRASS GIS, integrado ao QGIS. As classes altimétricas foram definidas no intervalo de 0 a 605 m, com intervalos de 125 m. Já as classes de declividade foram estabelecidas de acordo com a padronização adotada pela Embrapa (1979) [24] (Quadro 2).

Quadro 2: Classes de declividade segundo a Embrapa (1979) [24].

Declividade (%)	Classes de relevo
0 – 3	Plano
3 – 8	Suave ondulado
8 – 20	Ondulado
20 – 45	Forte ondulado
45 – 75	Montanhoso
> 75	Escarpado

A quantificação das áreas associadas às classes de relevo e altitude da bacia foi realizada por meio da ferramenta r.report, disponível no GRASS GIS e integrada ao QGIS. Para avaliar a distribuição altimétrica, os valores de área obtidos para cada classe de altitude foram organizados em uma planilha do Microsoft Excel. Inicialmente, calculou-se a porcentagem da área correspondente a cada classe, utilizando a Equação 1. Posteriormente, determinou-se a porcentagem acumulada das áreas pela soma progressiva dos valores individuais. Com base nesses resultados, foi gerada a curva hipsométrica no Microsoft Excel, representando a relação entre a altitude (eixo vertical) e a frequência acumulada da área da bacia (eixo horizontal).

$$\%\ área = \left(\frac{Área\ da\ classe}{Área\ total\ das\ classes}\right) x\ 100 \qquad \text{Equação 1}$$

A análise da rede hidrográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Real (BHRR) foi realizada a partir da elaboração de um mapa de densidade hidrográfica no software QGIS, utilizando o arquivo vetorial da rede de drenagem disponibilizado pela Semac [18]. Posteriormente, foi aplicada a técnica de Estimativa de Densidade por Kernel (Kernel Density Estimation – KDE), um método estatístico de estimação da densidade espacial (Equação 2), com o objetivo de identificar os setores de maior concentração da rede hidrográfica e evidenciar áreas com maior densidade de canais e possível influência na dinâmica hidrológica da bacia. Para delimitar a influência espacial da estimativa, adotou-se um raio de busca de 500 m, definido para representar a concentração de canais na vizinhança de cada local, considerando a escala da análise. Esses dados foram processados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), possibilitando a identificação e a análise de áreas com maior suscetibilidade aos processos erosivos.

$$f_R(P) = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{R^2} k\left(\frac{P-P_i}{R}\right) \quad \text{Equação (2)}$$

Onde: $f_R(P)$: função de densidade kernel; n: número de eventos; R: raio de influência; k:função de estimação quártica $3/\pi(1-u^2)^2$; P: informação pontual como dado de entrada.

Adicionalmente, a suscetibilidade à erosão hídrica foi caracterizada a partir de dados matriciais disponibilizados pela Embrapa Solos na plataforma GeoInfo [25]. O produto original apresenta escala de 1:250.000 e foi reamostrado para a resolução espacial de 30 m, visando à compatibilização com a resolução espacial adotada no estudo. A classificação de suscetibilidade proposta pela Embrapa integra a erodibilidade dos solos, a declividade do terreno e a erosividade das chuvas, permitindo caracterizar o potencial erosivo na porção sergipana da Bacia Hidrográfica do Rio Real.

A caracterização morfométrica da BHRR foi desenvolvida a partir do processamento de dados topográficos e hidrográficos, utilizando técnicas de geoprocessamento no software QGIS. Foram determinados parâmetros relacionados à geometria, à rede de drenagem e ao relevo da bacia, incluindo área, perímetro, comprimento total dos canais, comprimento do canal principal e do eixo axial, extensão da rede de drenagem, além das altitudes mínima e máxima. Com base nesses parâmetros, foram calculados os índices morfométricos por meio das equações apresentadas nos Quadros 3, 4 e 5, sendo posteriormente organizados em três categorias principais: geométrica, hidrológica e de relevo.

Quadro 3: Parâmetros físicos utilizados na caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Real/SE.

Parâmetro	Descrição	Equação/Obtenção	Unidade	Tendência a inundação
Área da bacia (A)	Corresponde à área total da superfície.	Obtido no SIG, por meio da calculadora de campo, utilizando a função \$area/1000000.	km²	-
Perímetro (P)	Extensão total do divisor topográfico que delimita a bacia.	Calculado no QGIS, utilizando a função \$perimeter/1000 na calculadora de campo.	km	-
Comprimento axial (L_a)	Distância entre a foz da bacia e o ponto mais distante do divisor de água.	Obtido no SIG por meio da medição do eixo longitudinal da bacia.	km	-
Fator de Forma (K_f)	Expressa a relação entre a área da bacia e o quadrado do comprimento axial.	$K_f = \frac{A}{(L_a)^2}$	-	< 0,50: Baixa
				0,51-0,75: Média
				0,76-1,00: Alta
Coeficiente de Compacidade (K_c)	Indica o grau de irregularidade da forma da bacia.	$K_c = 0{,}28\ x\ \frac{P}{\sqrt{A}}$	-	1,00-1,25: Alta
				1,26-1,50: Média
				>1,50: Baixa
Índice de Circularidade (I_c)	Avalia o grau de semelhança da bacia com uma forma círculo.	$I_c = 12{,}57\ x\ \frac{A}{P^2}$	-	< 0,50: Alongada
				0,50-0,75: Intermediária
				0,76-1,00: Circular
Razão de Elongação (R_e)	Relaciona o diâmetro de um círculo de área equivalente à bacia com o comprimento axial.	$R_e = 1{,}128 \cdot \frac{\sqrt{A}}{L_a}$	-	< 0,50: Muito Alongada
				0,51-0,70: Alongada
				0,70-0,80:Pouco alongada
				0,81-0,90: Ovalada
				>0,90: Circular

Fonte: Pessoa Neto et al. (2023) [26] e Villela e Mattos (1975) [27].

Quadro 4: Parâmetros hidrológicos utilizados na caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Real/SE.

Parâmetro	Descrição	Equação/Obtenção	Unidade	Característica da rede de drenagem
Comprimento do rio principal (L)	Extensão do curso d'água principal desde a nascente até o exutório.	Determinado no QGIS por meio da função \$length/1000 na calculadora de campo.	km	-
Comprimento total dos cursos d'água (L_t)	Soma dos comprimentos de todos os canais de drenagem da bacia.	Obtido pela função \$length/1000, seguida do somatório dos valores.	km	-
Número de canais (N)	Total de segmentos de canais de drenagem mapeados na bacia.	Quantificado pela contagem automática da rede de drenagem no QGIS, utilizando a tabela de atributos.	Rios/km	-
Densidade hidrográfica (D_h)	Relação entre o número total de canais e a área da bacia.	$D_h = \frac{N}{A}$	Rios/km^2	< 3: Baixa 3-7: Média 7-15: Alta >15: Muito alta
Densidade de drenagem (D_d)	Relação entre o comprimento total dos canais e a área da bacia, indicando a eficiência da rede de drenagem.	$D_d = \frac{L_t}{A}$	km/km^2	< 0,50: Drenagem pobre 0,5-1,50: Drenagem Regular 1,51-2,50: Drenagem boa 2,51-3,50: Drenagem muita boa ≥3,50: Drenagem excepcional
Coeficiente de Manutenção (C_m)	Área necessária para manter um metro linear de canal de drenagem, sendo o inverso da densidade de drenagem.	$C_m = \frac{1}{D_d}$	km^2/km	-
Extensão Média do Escoamento Superficial (E)	Distância média percorrida pela água sobre o terreno até alcançar um canal de drenagem.	$E = \frac{1}{2\ x\ D_d}$	km	-
Tempo de Concentração (T_c)	Tempo necessário para que a água escoe do ponto mais distante da bacia até o exutório.	$T_c = 1{,}42\ x \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0{,}385}$	Adimensional	-

Fonte: DNIT (2005) [28]; Fiorese e Aguilar (2022) [29]; Horton (1945) [30]; Peruzzo et al. (2022) [31]; Pessoa Neto et al. (2023) [26] e Salis et al. (2020) [15].

Quadro 5: Parâmetros de relevo utilizados na caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Real/SE.

Parâmetro	Descrição	Equação/Obtenção	Unidade	Tendência à erosão
Altitude mínima ($A_{\min}$)	Corresponde ao ponto mais baixo da área de estudo.	Extraídas do Modelo Digital de Elevação – MDE.	m	-
Altitude máxima ($A_{\max}$)	Refere-se ao ponto mais elevado.	Extraídas do Modelo Digital de Elevação – MDE.	m	-
Amplitude altimétrica (ΔH)	Diferença entre as altitudes máxima e mínima, parâmetro essencial para avaliar o potencial de energia, velocidade do escoamento superficial e o tempo de concentração das enchentes.	$\Delta H = A_{\max} - A_{\min}$	m	-
Declividade média (Dm)	Inclinação média do terreno, relacionado à velocidade de escoamento.	Obtido a partir do mapa de declividade.	km	-
Declividade do rio principal (S_r)	Gradiente longitudinal do canal principal.	$S = \frac{\Delta H}{L}$	m/m	-
Índice de rugosidade (I_r)	Combina a amplitude altimétrica e a densidade de drenagem, relacionado a irregularidade do relevo e seu potencial erosivo.	$I_r = \Delta H \cdot D_d$	Adimensional	< 150: Fraca 150-550: Média 550-950: Forte >950: Muito forte
Razão de relevo (R_r)	Relaciona a amplitude altimétrica ao comprimento axial da bacia.	$R_r = \frac{\Delta H}{L_a}$	Adimensional	< 0,10: Baixa 0,11-0,30: Média 0,30-0,60: Alta
Razão de Textura (T)	Relaciona o número total de canais ao perímetro da bacia, indicando a capacidade de drenagem e do escoamento superficial da bacia.	$T = \frac{N}{P}$	rios/km	< 2,00: Muito grossa 2,0<4,00: Grossa 4,0<6,0: Moderada 6,0<8,0: Fina >8,0: Muito fina
Textura topográfica (T_t)	Descreve o espaçamento e a densidade das linhas de drenagem de uma bacia.	$LogT_t = 0{,}219649 + 1{,}15 logD_d$	Adimensional	< 4,0: Textura grosseira 4,0-10,0: Textura média >10,0: Textura fina

Fonte: Horton (1945) [30]; Villela e Mattos (1975) [27]; Gerber et al. (2018) [32]; Freitas (1952) [33]; Melo et al. (2020) [22]; Fiorese e Aguilar (2022) [29]; Pessoa Neto et al. (2023) [26] e Silva et al. (2025) [34].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os índices morfométricos utilizados na caracterização geométrica (Tabela 1), hidrológica (Tabela 2) e de relevo (Tabela 3) da porção sergipana da Bacia Hidrográfica do rio Real foram calculados com o auxílio do software QGIS e com base na aplicação dos modelos matemáticos descritos nos Quadros 3, 4 e 5. A análise integrada desses parâmetros permitiu compreender a organização espacial da bacia e avaliar sua suscetibilidade à ocorrência de eventos de erosão hídrica.

Tabela 1: Caracterização geométrica da Bacia Hidrográfica do rio Real pertencente ao estado de Sergipe.

Caracterização geométrica	
Parâmetro	**Valor**
Área de drenagem (A)	2386,44 km²
Perímetro (P)	457,99 km
Comprimento axial (L_a)	136,17 km
Coeficiente de compacidade canais (K_c)	2,62
Fator de forma (K_f)	0,128
Índice de circularidade (I_c)	0,142
Razão de elongação (R_E)	0,40

Tabela 2: Caracterização hidrológica da Bacia Hidrográfica do rio Real pertencente ao estado de Sergipe.

Caracterização hidrológica	
Parâmetro	**Valor**
Comprimento do rio principal (L)	273,75 km
Comprimento total de todos os canais (L_t)	4205,21km
Densidade de drenagem (D_d)	1,76 km/km²
Densidade hidrográfica (D_h)	1,10 rios/km²
Coeficiente de manutenção (C_m)	0,56 km²/km
Extensão Média do Escoamento Superficial (E)	0,284 km
Tempo de concentração (T_C)	78,8 h

Tabela 3: Caracterização de relevo da Bacia Hidrográfica do rio Real pertencente ao estado de Sergipe.

Caracterização de relevo	
Parâmetro	**Valor**
Altitude mínima (A_{min})	0,0006 km
Altitude máxima (A_{max})	0,605 km
Amplitude altimétrica (ΔH)	0,6044 km
Declividade do rio principal (S_r)	0,00221
Índice de rugosidade (I_r)	1063,74
Razão de relevo (R_r)	0,0044
Razão de textura (T)	5,74 rios/km
Textura topográfica (T_t)	3,19

De acordo com Villela e Mattos (1975) [27], o coeficiente de compacidade (Kc) e o fator de forma (Kf) são índices adimensionais utilizados para descrever a configuração geométrica de uma bacia hidrográfica. Neste estudo, os valores obtidos para esses parâmetros (2,62 e 0,128, respectivamente) indicam que a BHRR apresenta geometria alongada. Bacias com elevados valores de Kc e baixos valores de Kf geralmente apresentam menor suscetibilidade à ocorrência de inundações, uma vez que o escoamento superficial percorre maiores distâncias e os tributários contribuem em diferentes setores da bacia, favorecendo a dispersão do fluxo e reduzindo os picos de vazão [6, 35, 36].

Essa interpretação é reforçada pelos valores do índice de circularidade (0,142) e da razão de elongação (0,40), que também indicam baixa propensão a eventos de inundação e confirmam o predomínio de uma forma alongada da bacia. Essa característica favorece a distribuição temporal e espacial do escoamento superficial ao longo da rede de drenagem, reduzindo a concentração de vazão em pontos específicos do sistema hidrográfico [17, 26]. Entretanto, apesar de os parâmetros morfométricos indicarem menor predisposição natural da BHRR às inundações, as alterações promovidas pelo uso e pela ocupação do solo podem modificar essa dinâmica hidrológica, especialmente em função da presença de áreas de pastagem (≈ 1410,87 km²), de agropecuária (≈ 406,73 km²) e áreas urbanizadas (≈ 22,74 km²), conforme apresentado na Figura 2.

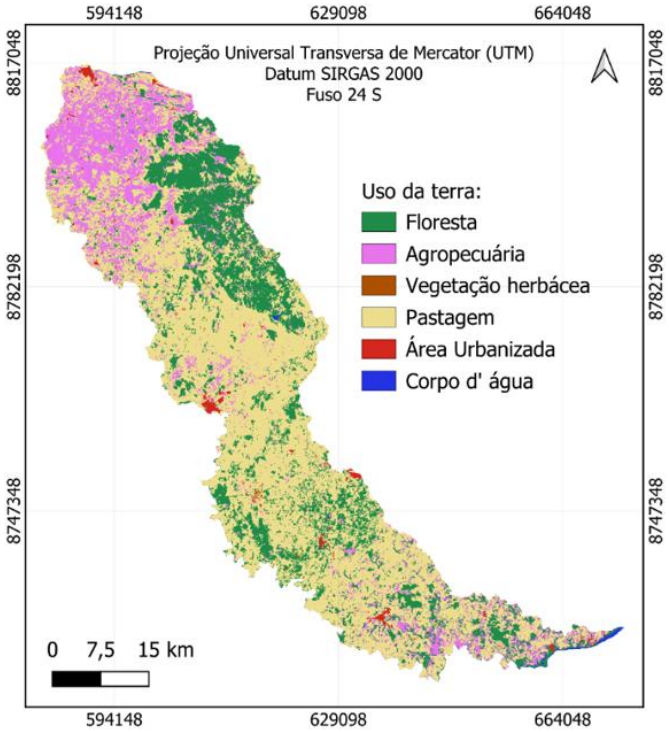


Figura 2: Mapa de Uso da Terra da área de estudo. Adaptado de MapBiomas [20].

As modificações no uso e cobertura da terra, decorrentes da intensificação das atividades antrópicas e da ausência de planejamento territorial adequado, podem influenciar diretamente a disponibilidade hídrica e o equilíbrio dos ecossistemas [37]. Nesse contexto, a Tabela 4 evidencia a ocorrência de diferentes formas de intervenção humana na área de estudo. Embora as áreas urbanizadas ocupem uma extensão reduzida e estejam distribuídas de forma pontual, essas superfícies contribuem para a impermeabilização do solo, reduzindo a infiltração da água e acelerando o escoamento superficial, o que pode elevar a suscetibilidade à ocorrência de inundações e comprometer o funcionamento do sistema hídrico e a qualidade da água [38].

Tabela 4: Classes de uso da terra da parcela da Bacia Hidrográfica do rio Real pertencente ao estado de Sergipe.

Classes	**Área (km²)**	**Percentual (%)**
Agropecuária	406,73	17,04
Área urbanizada	22,74	0,95
Corpo d'água	6,57	0,28
Floresta	535,16	22,43
Pastagem	1410,87	59,12
Vegetação herbácea	4,37	0,18
Total	**2386,44**	**100**

Além da urbanização, a BHRR apresenta predominância de áreas destinadas à pastagem, cuja exploração inadequada pode intensificar processos de degradação do solo. Nessa atividade, práticas como o pisoteio excessivo dos animais, a aração e a gradagem contribuem para a exposição e a compactação do solo, reduzindo sua porosidade e comprometendo a capacidade de infiltração da água, o que favorece o aumento da vulnerabilidade aos processos erosivos [21, 39]. Dessa forma, a combinação entre diferentes formas de uso e ocupação da terra pode alterar a dinâmica hidrológica da bacia, contribuindo para a intensificação dos eventos de cheia durante períodos de precipitação elevada.

A densidade de drenagem (Dd) constitui um parâmetro morfométrico empregado para avaliar o nível de desenvolvimento da rede de drenagem de uma bacia hidrográfica. Na BHRR, o valor obtido foi de 1,76 km/km², indicando uma rede de drenagem relativamente bem estruturada e condições favoráveis ao escoamento superficial em direção aos canais fluviais, conforme proposto por Villela e Mattos (1975) [27]. Além disso, esse índice contribui para a interpretação dos processos hidrológicos e geomorfológicos da bacia, visto que está diretamente relacionado à capacidade de escoamento da água e ao transporte de sedimentos [40].

A distribuição espacial da rede hidrográfica (Figura 3) e os valores de densidade de drenagem (Figura 4) corroboram essa análise, evidenciando maior concentração de canais principalmente na porção sul da bacia e nas proximidades do exutório, onde ocorre maior desenvolvimento da drenagem superficial. Por outro lado, os setores com menor densidade de drenagem apresentam menor quantidade de canais, resultando em maiores percursos da água até sua conexão com a rede hidrográfica. Nesse contexto, a extensão média do escoamento superficial (E) foi estimada em aproximadamente 0,284 km, representando a distância média percorrida pelo fluxo superficial desde os interflúvios até os canais permanentes. Esse valor reduzido indica menor distância de deslocamento da água sobre a superfície, favorecendo uma resposta hidrológica inicial mais rápida da bacia [12, 29].

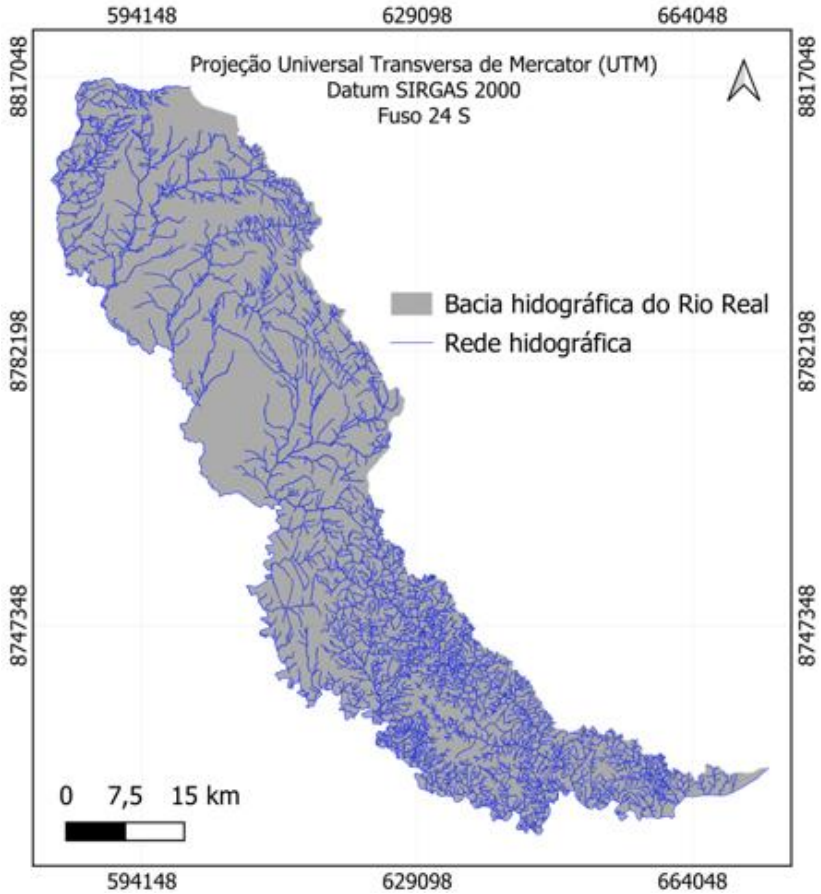


Figura 3: Mapa de rede hidrográfica da Bacia Hidrográfica do rio Real, Sergipe. Fonte: Adaptado de SerHidro [18].

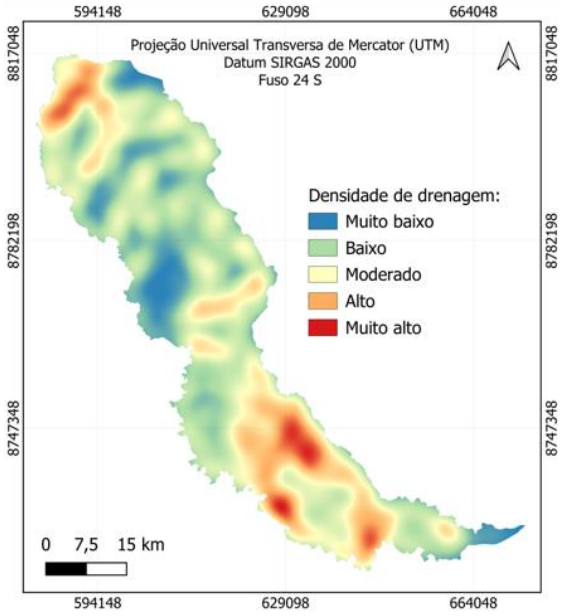


Figura 4: Mapa da densidade de drenagem da Bacia Hidrográfica do rio Real, Sergipe.

Segundo Peruzzo et al. (2022) [31], bacias hidrográficas com valores inferiores a 3 rios/km² são classificadas como de baixa densidade hidrográfica. A BHRR apresentou valor de 1,10 rios/km², indicando baixa capacidade de geração de novos canais de drenagem. Nessa condição, a água proveniente da precipitação tende a percorrer maiores distâncias até atingir a rede hidrográfica, o que pode favorecer a infiltração no solo; contudo, quando esse percurso ocorre em áreas com cobertura vegetal reduzida, pode intensificar a ocorrência de processos erosivos [41].

Essa dinâmica também é evidenciada pelo coeficiente de manutenção, parâmetro utilizado na avaliação da rede de drenagem e no planejamento ambiental de bacias hidrográficas, uma vez que estima a área mínima necessária para a manutenção de um canal fluvial. Para a bacia analisada, o valor obtido de 0,56 km²/km representa a área necessária para sustentar cada quilômetro da rede de drenagem [16].

O tempo de concentração de uma bacia hidrográfica representa o período necessário para que a água proveniente do escoamento superficial percorra toda a extensão da bacia até alcançar o canal principal [28]. Na BHRR, esse parâmetro foi estimado em aproximadamente 78,8 horas, equivalente a cerca de 3 dias e 7 horas, caracterizando uma resposta hidrológica relativamente lenta. Esse resultado indica que a água originada nas áreas mais distantes da bacia demanda mais de três dias para atingir o exutório, favorecendo uma distribuição temporal do escoamento superficial e reduzindo a concentração simultânea dos fluxos. Como efeito, observa-se menor tendência à formação de picos elevados de vazão e à ocorrência de inundações de rápida resposta. Esse comportamento é compatível com as características físicas da bacia, especialmente o elevado comprimento do canal principal (273,75 km) e o desnível altimétrico aproximado de 604,4 m.

A distribuição dos tipos de solo na BHRR evidencia a predominância de planossolos e argissolos, além da ocorrência localizada de gleissolos, neossolos, luvissolos e cambissolos (Figura 5). Segundo Moura et al. (2023) [42], os gleissolos apresentam limitações naturais relacionadas à drenagem, com elevada tendência à saturação hídrica, favorecendo o aumento do escoamento superficial durante períodos de maior precipitação. De modo semelhante, os planossolos possuem baixa permeabilidade, característica que pode favorecer o acúmulo temporário de água na superfície do terreno [24]. Os argissolos, por sua vez, apresentam maior concentração de argila em subsuperfície, resultando na formação de um horizonte B textural pelo processo de acumulação de argila, o que reduz a porosidade e a permeabilidade do solo. Essa condição dificulta a infiltração da água, favorece o acúmulo temporário nas camadas superiores e contribui para a intensificação dos processos erosivos [41, 43].

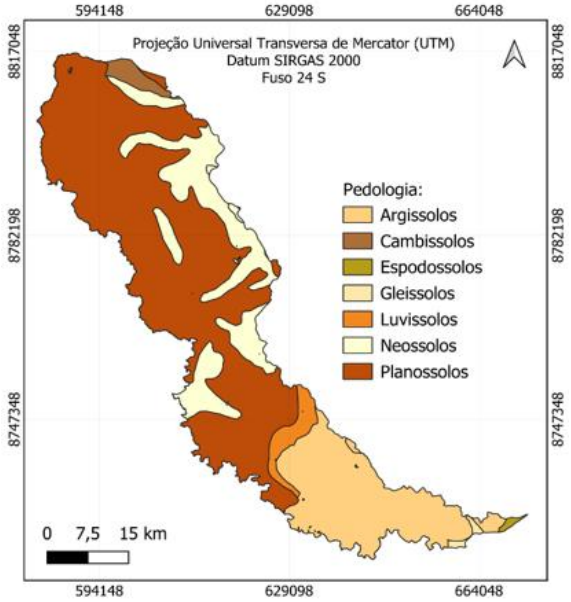


Figura 5: Mapa de tipos de solos da Bacia Hidrográfica do rio Real, Sergipe. Fonte: Adaptado de SerHidro [18].

A distribuição espacial da precipitação na BHRR (Figura 6) evidencia a presença de um gradiente pluviométrico, com valores variando entre 700 e 1500 mm/ano. Os menores volumes pluviométricos (700–900 mm/ano) concentram-se na porção superior da bacia, enquanto os maiores registros (1100–1500 mm/ano) predominam na região inferior. A ocorrência de maiores índices pluviométricos nos setores superiores da bacia, associada à presença de solos como os Argissolos, que apresentam limitações à infiltração em subsuperfície em razão do horizonte textural, e ao predomínio de áreas de pastagem, sobretudo sob manejo intensivo, pode favorecer a intensificação dos processos erosivos e o aumento do transporte de sedimentos [24]. Santos e Nascimento (2024) [9] ressaltam que a precipitação pluviométrica desempenha um papel relevante na dinâmica erosiva e no assoreamento dos corpos hídricos, principalmente em áreas onde a cobertura vegetal foi modificada por intervenções antrópicas.

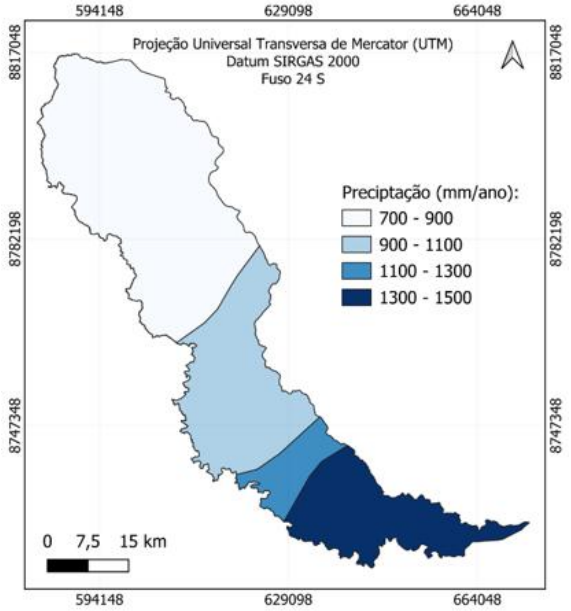


Figura 6: Mapa de precipitação da Bacia Hidrográfica do rio Real, Sergipe. Fonte: Adaptado de Semac [18].

A análise do mapa hipsométrico (Figura 7) demonstra que a Bacia Hidrográfica do Rio Real apresenta expressiva variação topográfica, com altitudes entre 0,60 m e 605 m, resultando em uma amplitude altimétrica de 604,4 m. As maiores elevações estão concentradas na porção superior da bacia, enquanto as menores altitudes ocorrem no setor inferior, próximo ao exutório, caracterizando um gradiente altimétrico associado ao direcionamento do escoamento superficial. Essa variação do relevo exerce influência sobre as condições climáticas locais, especialmente a temperatura, a precipitação e a evapotranspiração, visto que áreas mais elevadas tendem a apresentar maiores volumes de precipitação, menores temperaturas e menor perda de água por evaporação, enquanto regiões de menor altitude geralmente registram temperaturas mais elevadas e maior evapotranspiração, interferindo no balanço hídrico da bacia [14, 17].

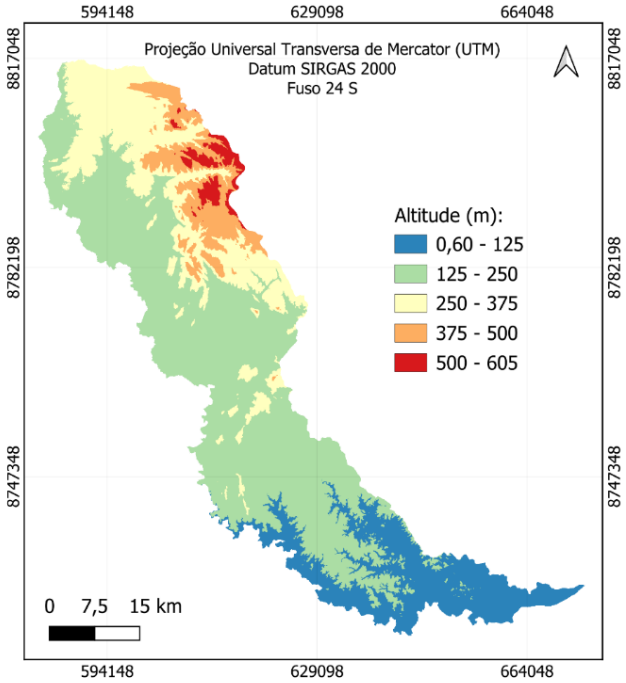


Figura 7: Mapa hipsométrico da Bacia Hidrográfica do rio Real, Sergipe.

A distribuição das classes altimétricas apresentada na Tabela 5 evidencia que a BHRR possui maior concentração de áreas entre 125 e 250 m, enquanto as cotas superiores a 500 m apresentam baixa ocorrência, indicando o predomínio de altitudes intermediárias na bacia. A curva hipsométrica (Figura 8) apresenta comportamento predominantemente convexo, característica que permite interpretar o estágio de evolução geomorfológica do relevo. A configuração dessa curva está associada ao grau de dissecação e à maturidade da paisagem, sendo que curvas convexas geralmente indicam relevos em estágios iniciais de evolução geomorfológica. Nesse sentido, o padrão identificado sugere maior predisposição da bacia à atuação de processos erosivos [44].

Tabela 5: Classes de altitude da parcela da Bacia Hidrográfica do rio Real pertencente ao estado de Sergipe.

Classes (m)	Área (km²)	Percentual (%)
0,60 – 125	400,22	16,77
125 – 250	1282,68	53,75
250 – 375	475,16	19,91
375 – 500	181,35	7,60
500 – 605	47,03	1,97
Total	**2386,44**	**100**

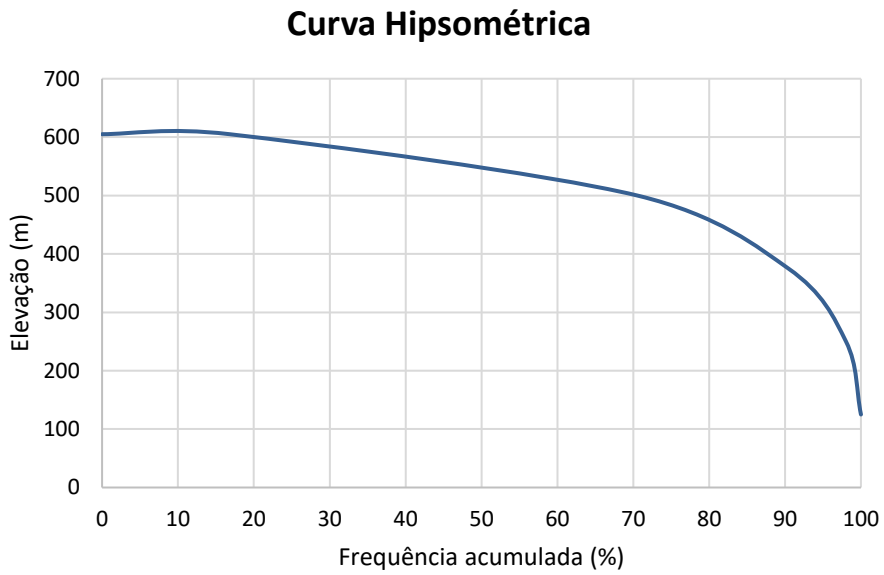


Figura 8: Curva hipsométrica da Bacia Hidrográfica do rio Real, Sergipe.

Salis et al. (2020) [15] destacam que a declividade é um índice fundamental na análise morfométrica, estando diretamente relacionada ao aumento do risco de processos erosivos, uma vez que maiores declividades favorecem o escoamento superficial e reduzem a infiltração de água no solo. Nesse contexto, a declividade da BHRR (Tabela 6 e Figura 9), evidencia o predomínio de relevo suave ondulado a moderadamente ondulado, com valores entre 3% e 8%, abrangendo a maior parte da área estudada. Além disso, foram identificadas ainda áreas com declividades entre 8% e 45%, classificadas como relevo ondulado a forte ondulado. Embora menos extensos, esses trechos apresentam escoamento acelerado e maior potencial erosivo, conforme observado por Fiorese e Aguilar (2022) [29], que destacam a intensificação dos processos erosivos em terrenos mais íngremes devido ao aumento da velocidade do fluxo, o que impacta diretamente o assoreamento dos rios e influencia, influenciando no abastecimento de água, na geração de energia, nas atividades recreativas e na agricultura [9].

Tabela 6: Classes de declividade da parcela da Bacia Hidrográfica do rio Real pertencente ao estado de Sergipe.

Classes (%)	Área (km²)	Percentual (%)
Plano	425,8	17,84
Suave ondulado	1122,99	47,06
Ondulado	618,84	25,93
Forte ondulado	208,49	8,74
Montanhoso	10,32	0,43
Total	**2386,44**	**100**

O índice de rugosidade (Ir) representa um parâmetro relevante para a avaliação das características do relevo e do potencial de degradação de uma bacia hidrográfica, uma vez que valores elevados estão relacionados à maior predisposição aos processos erosivos, principalmente em áreas com vertentes mais acentuadas [34]. Na BHRR, o valor obtido de 1063,74 classifica a bacia na categoria de rugosidade muito forte, evidenciando elevada irregularidade do relevo e condições favoráveis ao aumento da velocidade do escoamento superficial, com consequente intensificação da erosão hídrica. Esses resultados indicam que a configuração morfológica da

bacia exerce influência significativa na dinâmica erosiva, especialmente nos setores caracterizados por maiores declividades.

A razão de relevo (Rr), segundo Pessoa Neto et al. (2012) [45], expressa a relação entre o desnível altimétrico existente entre a nascente e o exutório da bacia e seu comprimento, sendo que valores elevados indicam maior declividade média do relevo. Na BHRR, o valor da razão de relevo (0,0044) indica um baixo gradiente altimétrico em relação ao comprimento da bacia, sugerindo menor potencial de aceleração do escoamento superficial em função do relevo e, consequentemente, menor predisposição à ocorrência de processos erosivos associados à declividade. Dessa forma, o baixo valor da razão de relevo indica condições topográficas menos favoráveis à aceleração do escoamento superficial e ao desenvolvimento da erosão hídrica na área analisada.

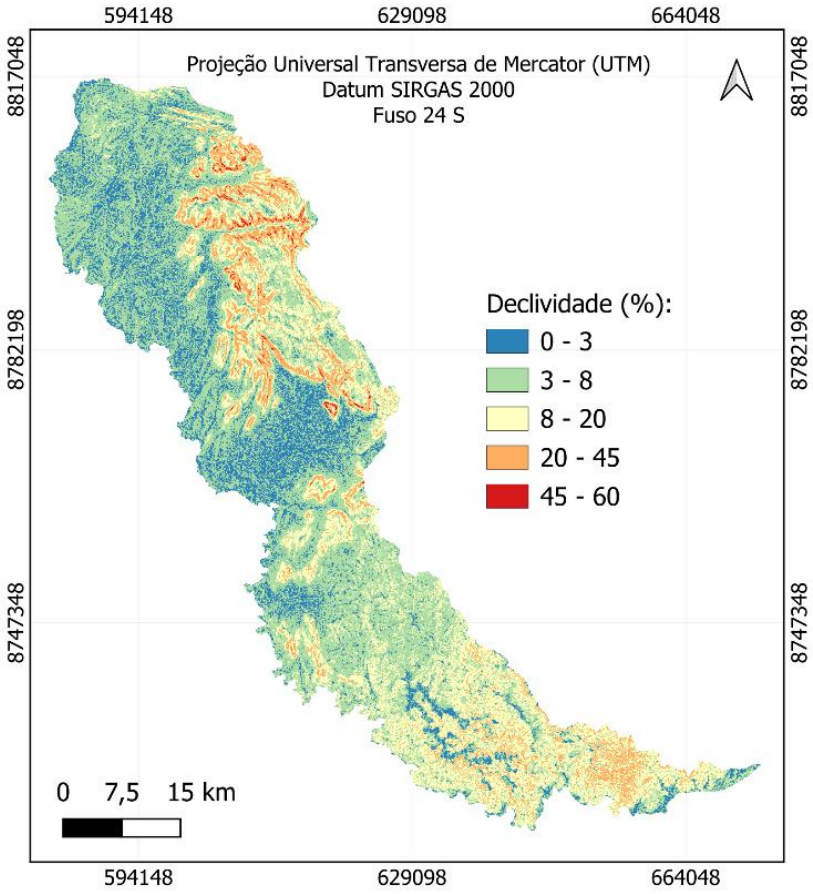


Figura 9: Mapa de declividade da Bacia Hidrográfica do rio Real, Sergipe.

A textura topográfica, conforme Freitas (1952) [33], é resultado da interação entre diferentes fatores naturais que condicionam a organização da drenagem, incluindo clima, cobertura vegetal, características litológicas e pedológicas, intensidade das precipitações e capacidade de infiltração do solo. Na BHRR, esse parâmetro apresentou valor de 3,19, sendo classificado como grosseiro, o que sugere uma paisagem em estágio inicial ou recente de evolução do ciclo erosivo. Além disso, a razão de textura apresentou valor de 5,74 rios/km, indicando um espaçamento moderado entre os canais que compõem a rede de drenagem.

A distribuição espacial da suscetibilidade à erosão (Figura 10) demonstra o predomínio das classes moderada e alta na área analisada, em consonância com os resultados obtidos para a textura topográfica, classificada como grosseira. Esse padrão está relacionado à influência das características do relevo e da dinâmica do escoamento superficial sobre os processos erosivos, especialmente nos setores com maiores declividades e maior densidade da rede de drenagem. As áreas enquadradas na classe de suscetibilidade muito alta apresentam distribuição pontual,

concentrando-se principalmente em locais de relevo mais acidentado, onde a maior energia do fluxo superficial favorece a remoção e o transporte de sedimentos. Em contrapartida, os setores classificados com baixa suscetibilidade estão associados às áreas de relevo mais suavizado, nas quais ocorre menor concentração do escoamento superficial e maior potencial de infiltração da água no solo [15, 29, 34].

A declividade do canal principal constitui um fator determinante para a velocidade do escoamento da água em uma bacia hidrográfica. Na BHRR, a baixa declividade do rio principal (0,00221 m/m) está associada a um fluxo potencialmente mais lento, favorecendo a deposição de sedimentos e o acúmulo temporário de água durante eventos de precipitação intensa [26]. Dessa forma, a análise conjunta da declividade e da altimetria evidencia comportamentos distintos na dinâmica da bacia: os setores de maiores altitudes e declividades apresentam maior predisposição aos processos erosivos em razão do aumento do escoamento superficial, enquanto as áreas mais baixas e com menor inclinação, especialmente nas proximidades do canal principal, possuem maior suscetibilidade à deposição e ao assoreamento dos corpos hídricos.

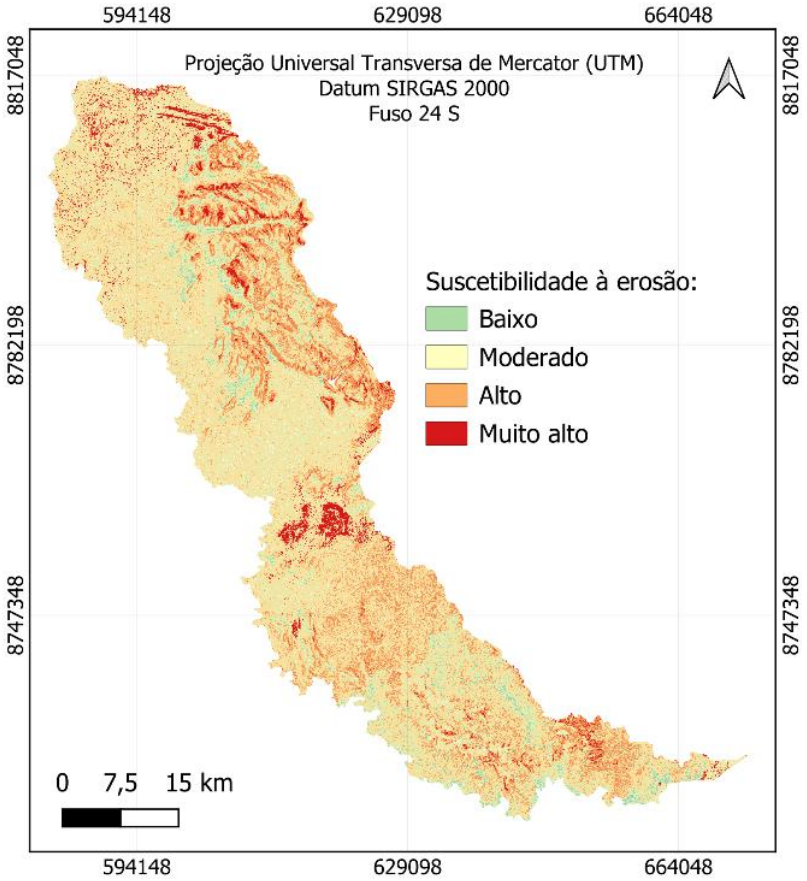


Figura 10: Mapa de suscetibilidade à erosão da área de estudo. Fonte: Adaptado de Embrapa (2020) [46].

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstram a relevância da caracterização morfométrica, associada ao uso de geotecnologias, como instrumento de apoio à gestão dos recursos hídricos, ao disponibilizar informações técnicas para o planejamento ambiental, a prevenção de impactos e o processo decisório. A aplicação dessa abordagem possibilitou uma compreensão integrada da dinâmica hidrológica e geomorfológica da bacia, evidenciando como suas características físicas condicionam o escoamento superficial, os processos erosivos e o transporte de sedimentos.

A análise dos parâmetros relacionados à geometria da bacia indica um formato predominantemente alongado, condição que favorece a distribuição temporal do escoamento superficial e reduz a possibilidade de ocorrência de inundações de resposta rápida, comportamento corroborado pelo elevado tempo de concentração. A associação entre a amplitude altimétrica e os baixos valores de rugosidade, razão de relevo e densidade de drenagem indica menor potencial para o desenvolvimento de fluxos superficiais intensos, reduzindo o transporte de sedimentos e a degradação dos solos.

A baixa declividade do canal principal também exerce influência sobre a dinâmica sedimentar da bacia, favorecendo a deposição de materiais e podendo modificar o comportamento do fluxo hídrico, com possíveis impactos sobre a qualidade da água e a capacidade de condução dos canais. Assim, embora as características geométricas indiquem menor suscetibilidade a eventos de cheia de rápida ocorrência, a bacia apresenta condições naturais que favorecem a atuação de processos erosivos, principalmente nos setores de maior declividade e menor proteção vegetal. Esses resultados assumem relevância estratégica para a Bacia Hidrográfica do Rio Real, considerando seus múltiplos usos dos recursos hídricos, incluindo abastecimento público, atividades agropecuárias e turísticas, evidenciando a necessidade de ações integradas de planejamento e conservação ambiental.

A abordagem metodológica empregada, baseada na integração de índices morfométricos e informações espaciais obtidas por geotecnologias, apresenta potencial de aplicação em outras bacias hidrográficas submetidas a diferentes pressões de uso e ocupação da terra. Essa integração possibilita a identificação de áreas ambientalmente vulneráveis e fornece subsídios técnicos para o direcionamento de estratégias de manejo e gestão territorial.

Diante dos resultados, recomenda-se a implementação de estratégias voltadas à redução do escoamento superficial e do transporte de sedimentos, especialmente nas áreas com maior vulnerabilidade erosiva. Entre as medidas prioritárias destacam-se a conservação e recuperação da vegetação nativa, a adoção de práticas conservacionistas do solo e o ordenamento adequado do uso e ocupação da terra. Essas ações podem contribuir para a redução dos impactos hidrológicos, a minimização dos processos erosivos e a manutenção da qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos da bacia.

Futuramente, a realização de levantamentos de campo poderá complementar os resultados obtidos, permitindo maior detalhamento das condições ambientais da BHRR e aprimorando a interpretação dos processos erosivos e hidrológicos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Azeez IAA, Bibi M. Water scarcity and political stability in the Arab World: a comparative study of Iraq and Jordan. Int J Appl Sci Res. 2025 Aug;3(8):637-48. doi: 10.59890/ijasr.v3i8.83
2. Schmitz AP, Bittencourt MVL. Crescimento econômico e pressão sobre recursos hídricos. Estud Econ. 2017 Apr-Jun;47(2):329-63. doi: 10.1590/0101-416147243asm
3. Fagundes OS, Oliveira LCA, Yamashita OM, Silva IV, Carvalho MAC; Rodrigues DV. The water crisis and its implications in brazilian agribusiness: a bibliographic review. Sci Electron Arch. 2020 Mar;13(1):42-50. doi: 10.36560/1312020801
4. Ampolini G, Winckler S, Renk A. Gestão de recursos hídricos no Brasil: desafios e oportunidades na implementação da agenda 2030 da ONU. Desenv Quest. 2024 Aug;22(60):1-15. doi: 10.21527/2237-6453.2024.60.15995
5. Brasil. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, (...). Brasília (DF): Diário Oficial da União; 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm.
6. Souza TC, Santos VF, Jesus JGL, Silveira ACG, Alcântara BSV, Freitas WS. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Córrego São José, região do Caparaó- ES. Cad Pedag. 2025 Apr:22(6):1-16. doi: 10.54033/cadpedv22n6-244
7. Couto L. Revitalização e conservação de Bacias Hidrográficas. Vitória (ES): Editora Maré; 2023.
8. Schiavinato VMS, Gonzalez AZD. Degradação de áreas de nascentes na Sub-bacia Hidrográfica do Córrego das Pitas-MT: o que pensam os pequenos produtores rurais? Caminhos Geogr. 2020 abr;21(74):295-312. doi: 10.14393/RCG217448882

9. Santos MGM, Nascimento PSR. Análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do rio Vaza-Barris (SE): identificação de área vulnerável à degradação ambiental. Sci Plena. 2024 ago;20(8);1-12. doi: 10.14808/sci.plena.2024.089906
10. Domingues EM, Soares KVL, Clemente CMS, Silva NL. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do rio das Rãs/BA, Semiárido Brasileiro. Rev Bras Meio Ambient. 2023 out;11(3):76-94. doi: 10.66205/rvbma.v11i3.1494
11. Strahler AN. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Eos Trans AGU. 1957 Dec;38(6):913-20. doi: 10.1029/TR038i006p00913.
12. Esteves LV, Esteves AMSL, Da Paz DHF, Coutinho AP. Caracterização morfométrica e uso do solo da Bacia Hidrográfica do rio Sirinhaém (BHRS), Pernambuco, Brasil. Rev Bras Geogr Fís. 2023 ago;16(5):2609-23. doi: 10.26848/rbgf.v16.5.p2609-2623
13. Pessoa Neto AG. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do rio Tapacurá, Pernambuco, Brasil. Rev Dep Geogr USP. 2023 out;43:1-18. doi: 10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2023.200802
14. Silva G, Almeida F, Almeida R, Mesquita M, Alves Júnior J. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do riacho Rangel-Piauí, Brasil. Encic Biosf. 2018 mai;15(28):244-58. doi: 10.18677/EnciBio_2018B22
15. Salis HHC, Costa AM, Vianna JHM, Schuler AE. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Córrego do Marinheiro, Sete Lagoas - MG. Bol Geogr. 2020 mai-ago;37(2):186-201. doi: 10.4025/bolgeogr.v37i2.36965
16. Ribeiro KV, Magalhães VR, Albuquerque ELS. Bacia Hidrográfica do rio Mulato, Estado do Piauí: a importância da análise morfométrica no planejamento. Int J Semiarid. 2020 jan;3(3):61-72. doi: 10.56346/ijsa.v3i3.72
17. Dias NDO, Machado VS, Marcato Junior J, Osco LP, Ramos APM. Análise morfométrica de bacia hidrográfica utilizando dados de diferentes modelos digitais de superfície. Colloq Exactarum 2019 mai;11(4):23-35. doi: 10.5747/ce.2019.v11.n4.e294
18. Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Sustentabilidade e Ações Climáticas (Semac). Atlas Digital sobre Recursos Hídricos de Sergipe [Internet]; [citado em 10 fev 2026] Disponível em: https://serhidro.semac.se.gov.br/apps/4be843dcf26444b8ae7eed4ec86aecdc/explore.
19. Sousa IF, Santana NRF. Recorte do perfil climático de bacias hidrográficas do Estado de Sergipe: Rio Sergipe, Rio Vaza Barris, Rio Japaratuba, Rio Real e Costeiras (Caueira-Abaís e Sapucaia). 1. ed. Belo Horizonte (MG): Editora Poisson; 2020.
20. MapBiomas Brasil [Internet]. Mapeamento anual de cobertura e uso do solo do Brasil; [citado em 10 fev 2026]. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/.
21. Souza IVS, Andrade IM, Sousa CP, Estevam ALD. Uso e ocupação do solo na Sub-bacia Hidrográfica do rio Verde, São Miguel das Matas – BA: impactos socioambientais e reflexos na saúde pública. Rev Polít Públ Cid. 2025 mar;14(2):1-15. doi: 10.23900/2359-1552v14n2-4-2025
22. Melo DOS, Santos LS, Barbosa AG, Mendes LA. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do rio Real pelo uso de dados SRTM e tecnologias SIG. Rev Bras Geogr Fís. 2020 Dec;13(07):3554-70. doi: 10.26848/rbgf.v13.07.p3554-3570
23. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Banco de dados geomorfométricos do Brasil. Projeto Topodata [Internet]. São José dos Campos (SP): INPE; 2011 [citado em 31 jun 2026]. Disponível em: http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php.
24. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). (1979). Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Rio de Janeiro (RJ): Embrapa Solos;1979. doi:10.14393/rbcv22n0-55907
25. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). GeoInfo: catálogo de metadados geoespaciais da Embrapa [Internet]; [citado em 10 fev 2026]. Disponível em: https://geoinfo.dados.embrapa.br/catalogue/uuid/cdf69b7d-b698-4735-9b7d-6733037fa11e.
26. Pessoa Neto AGP, Silva SR, Barbosa IMBR. Morphometric characterization of the watershed of the river Duas Unas, in Pernambuco. Rev Bras Geogr Fis. 2023 Dec;16(6):3149-67. doi: 10.26848/rbgf.v16.6.p3149-3167
27. Villela SM, Mattos A. Hidrologia aplicada. São Paulo (SP): McGraw Hill do Brasil; 1975.
28. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT). Manual de Hidrologia Básica Para Estruturas de Drenagem. Rio de Janeiro (RJ): IPR; 2005.
29. Fiorese CHU, Aguilar TO. Morfometria da Sub-bacia Hidrográfica do Ribeirão São Domingos, no município de Muniz Freire (ES). Cad Ciênc Agrár. 2022 set;14:1-7. doi: 10.35699/2447-6218.2022.37152
30. Horton RE. Erosional development of streams and their drainage basins, hydrophysical approach to quantitative morphology. GSA Bulletin. 1945 Mar;56(3):275-301. doi: 10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2

31. Peruzzo JS, Silvino GS, Araújo, MCP, Leon MJ, Arruda Filho NT, Lisboa FDS. Caracterização morfométrica das microbacias hidrográficas inseridas no município de Itaporanga (PB). Rev Ibero-Am Ciênc Ambient. 2022 Mar;13(3):92-104. doi: 10.6008/CBPC2179-6858.2022.003.0008
32. Gerber D, Pertille CT, Vieira FS, Corrêa BJS, Souza CF. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do rio Itajaí – Santa Catarina. Acta Biol Catarin. 2018 Mar;5(1):72-83. doi: 10.21726/abc.v5i1.290
33. Freitas RO. Textura da drenagem e sua aplicação geomorfológica. Bol Paul Geogr. 1952 Mar;11:53-7.
34. Silva MFC, Silva EM, Oliveira ACM, Lima MGS, Menezes SM, Morais JMP. Caracterização morfométrica da Sub-Bacia Hidrográfica do rio Missi, Ceará. Obs. La Econ Latinoam. 2025 jun;23(7):1-24. doi: 10.55905/oelv23n7-047
35. Leite RV, Freitas F, Cabral RR. Caracterização morfométrica da bacia do rio Pirapetinga, Resende - RJ. Rev GeoUERJ. 2023 mai;42:1-29. doi: 10.12957/geouerj.2023.69217
36. Oliveira PTS, Alves Sobrinho T, Steffen JL, Rodrigues DBB. Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM. Rev Bras Eng Agríc Ambient. 2010;14(8):819-25. doi: 10.1590/S1415-43662010000800005
37. Jovino ES, Tavares DMF, Montenegro SMGL, Santos SM, Oliveira LMM. O estudo de uso e cobertura do solo para a Bacia Hidrográfica do Rio Carinhanha (BA/MG). Rev Bras Sens Rem. 2024 Jun;5(1):17-27.
38. Lima SMSA, Lopes WGR, Façanha AC. Alterações na cobertura do solo em Teresina, Piauí, Brasil. Soc Nat. 2021 Jul;33:1-14. doi: 10.14393/sn-v33-2021-58922
39. Abadias IM, Fonseca PRB, Barbosa CH, Sales MCG. Identificação dos principais impactos ambientais ocasionados pelo manejo da pecuária no município de Humaitá – AM. Rev Gest Sustent Ambient. 2020 Jul;9(2):664. doi: 10.19177/rgsa.v9e22020664-682
40. Romero V, Formiga KTM, Marcuzzo FFN. Estudo hidromorfológico de Bacia Hidrográfica urbana em Goiânia/GO. Cie e Nat. 2017:39(2):320-40. doi: 10.5902/2179460x26411
41. Alves WS, Martins AP, Morais WA, Pôssa ÉM, De Moura DMB, Santos LNS, et al. Morfometria da Bacia Hidrográfica do rio Verdinho, Sudoeste de Goiás, Brasil. Rev Bras Geogr Fís. 2020 dez;13(7):3636-58. doi: 10.26848/rbgf.v13.07.p3636-3658
42. Moura DMB, Oliveira IJ, Nascimento DTF, Sousa FA. Análise comparativa dos solos e aquíferos freáticos como suporte à avaliação da disponibilidade hídrica das altas bacias hidrográficas dos ribeirões Santo Antônio e Santa Marta (Iporá-GO). Bol Paul Geogr. 2023 det;1(110):57-81. doi: 10.61636/bpg.v1i110.2987
43. Santos HG, Jacomine PKT, Anjos LHC, Oliveira VA, Lumbreras JF, Coelho MR, et al. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília (DF): Embrapa; 2018.
44. Jacomine PKT. A nova classificação brasileira de solos. An Acad Pernamb Ciênc Agron. 2009;5(6): 161-79. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/19350/1/Jacomine.pdf.
45. Pessoa Neto AGP, Silva SR, Corrêa MM, Felipetto HS. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do rio Fragoso, Pernambuco, Brasil. Rev Geogr Acad. 2024 dez;18(2):147-69.
46. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Mapa de suscetibilidade dos solos à erosão hídrica do Brasil; 2020 [citado em 10 fev 2026]. Disponível em: https://geoinfo.dados.embrapa.br/catalogue/#/dataset/2998.