

## Análise das características fisiográficas da Bacia do Rio de Janeiro, Oeste da Bahia

Cáio Silva dos Santos<sup>1</sup>  
Lorena Gomes dos Santos<sup>1</sup>  
José Yure Gomes dos Santos<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Oeste da Bahia – UFOB  
Rua Prof. José Seabra de Lemos, 316 – 47.808-021 – Barreiras – BA, Brasil  
caio\_caio2508@hotmail.com, lorena\_mesan@hotmail.com, joseyure.santos@ufob.edu.br

**Abstract:** Studies on the natural dynamics and the environmental vulnerability of a river basin make possible an analysis of the variation of the space and the elements of the hydrological regime. In this way, this study aims to analyze the physiographic characteristics of the Rio de Janeiro Basin from the use of geoprocessing and remote sensing techniques. To perform the physiographic aspects of the Rio de Janeiro Basin, a Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) digital elevation model (MDE) was used to obtain the following physiographic characteristics: area, perimeter, total length of All channels, channel hierarchy, form factor, compactness coefficient, drainage density, altimetry and slope. The results show that the Rio de Janeiro Basin is not susceptible to flooding due to its elongated shape, it has many branches, because it is a 5th order basin, with several springs in low slope and high altimetry locations, characterized by rocks Of the Urucuia Group. The elevation and relief variation is significant in the eastern portion of the basin, where the highest slopes occurring by the mountain formation occur, which may cause a higher velocity and peak runoff. This analysis allowed to detail and individualize the physiographic characteristics of the Rio de Janeiro Basin at more detailed categorical levels and the generation of thematic maps, showing that the geoprocessing is an efficient tool for the analysis of the physiographic aspects of watersheds.

**Palavras-chave:** Physical characteristics; remote sensing; watershed; características físicas; sensoriamento remoto; bacia hidrográfica.

### 1. Introdução

A bacia hidrográfica pode ser entendida como uma área ocupada por um canal principal e todos os seus tributários, cujos limites constituem os interflúvios, que topograficamente delimitam outras bacias hidrográficas. Ressalta-se que todo e qualquer elemento além da rede hidrográfica, contido na área de uma dada bacia, fará parte de um sistema integrado onde diversas dinâmicas ocorrem entre cada um de seus componentes estabelecendo um padrão de organização (Santos, 2004).

Segundo Christofolletti (1980), a análise da rede hidrográfica pode levar à compreensão de numerosas questões geomorfológicas, pois os cursos de água constituem processo morfogenético dos mais ativos na esculturação da paisagem terrestre.

As características físicas de uma bacia hidrográfica são elementos de grande importância em seu comportamento hidrológico, existindo uma estreita correspondência entre o regime hidrológico e estes elementos, sendo de grande utilidade prática seu conhecimento para um melhor gerenciamento (Villela e Mattos, 1975).

De acordo com Moreira (2010), as características físicas de uma bacia também constituem informações básicas para a tomada de decisão em diversos estudos, como processos de outorga, dimensionamentos de obras hidráulicas e planejamentos agrícolas.

Antes do advento do ambiente SIG, bacias hidrográficas eram delimitadas manualmente em cartas topográficas, onde os divisores da bacia eram determinados a partir curvas de nível. A partir da popularização do Sistema de Informações Geográficas (SIG), bacias hidrográficas podem ser definidas, também, de forma automática utilizando um Modelo Numérico do Terreno (MNT) da área de estudo. Jenson e Domingue (1988) afirmam que parâmetros hidrológicos extraídos de MNT são precisos e compatíveis com as características fisiográficas das bacias hidrográficas obtidas utilizando-se métodos manuais.

A utilização do SIG vem crescendo rapidamente em todo o mundo, uma vez que possibilita um melhor gerenciamento de informações e manipulação de dados gráficos e não-gráficos de forma integrada, provendo uma forma consistente para análise e consulta envolvendo dados geográficos.

O Sensoriamento Remoto, juntamente com o geoprocessamento e suas ferramentas, tem-se mostrado eficiente em proporcionar estudos que venham a melhorar o monitoramento e o gerenciamento de bacias hidrográficas de forma eficaz e confiável.

Sendo assim, este estudo tem como objetivo analisar as características fisiográficas da Bacia Rio de Janeiro (área, perímetro, coeficiente de compacidade, fator de forma, densidade de drenagem, declividade e altitude) a partir da utilização de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto.

Optou-se, nesse estudo, por essa bacia devido à grande antropização sofrida a partir do final da década de 1970, onde programas do Governo Federal fomentaram a ocupação deste novo horizonte produtivo pelo agronegócio, e ao crescente aumento e desenvolvimento da população do Oeste da Bahia, que tem ocasionado o aumento e diversificação no uso da água, gerando impactos em variadas escalas, exigindo diferentes tipos de avaliações quantitativas e qualitativas, bem como um sistema de monitoramento adequado.

## 2. Metodologia

### 2.1. Área de Estudo

A Bacia Rio de Janeiro é uma das sub-bacias que compõem a Bacia do Rio Grande, localizada no oeste da Bahia, com uma extensão de aproximadamente 3.813 km<sup>2</sup> e altitudes variando de 471 à 912 metros, situada entre as coordenadas de 11°37' e 12°09' de latitude sul e 45°11' e 46°22' de longitude oeste (Figura 1).

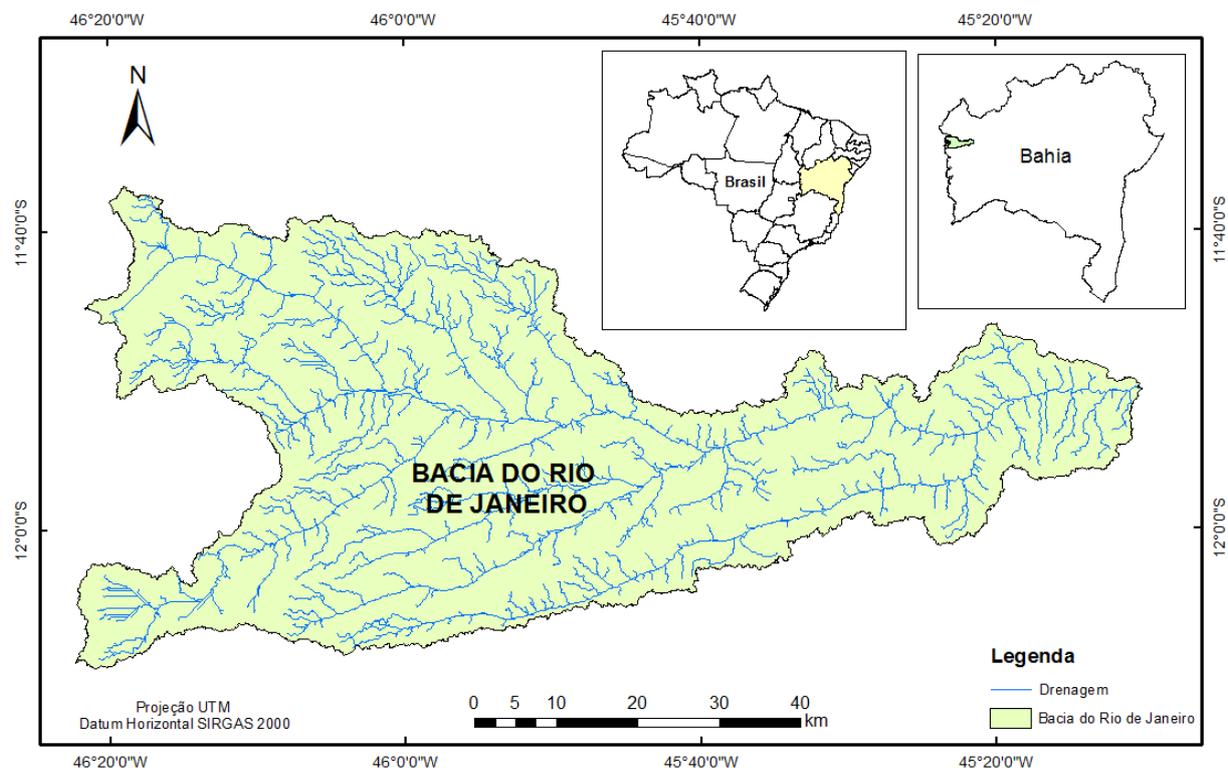


Figura 1. Mapa de localização da Bacia do Rio de Janeiro.

O Rio de Janeiro é um afluente do Rio Grande, que por sua vez é um tributário do Rio São Francisco. A Bacia do Rio de Janeiro está inserida geomorfológicamente no Plano sub-

estrutural dos gerais e Patamares estruturados – Chapadão Ocidental do São Francisco, com relevo aplanado.

Na Bacia do Rio de Janeiro afloram 4 unidades lito-estratigráficas na Bacia do Rio de Janeiro (Figura 2): Formação Serra da Mamona, representada por metassiltitos, metarenitos, ardósias, mármore e metamargas; formação Riachão das Neves, constituída por metarcóses, metassiltitos e mármore, ambas pertencentes ao grupo Bambuí (Neoproterozóico); grupo Urucuia (Neocretáceo) composto por arenitos, argilitos e paraconglomerados; e Depósitos aluvionares formado por depósitos de cascalho, areia, silte e argila.

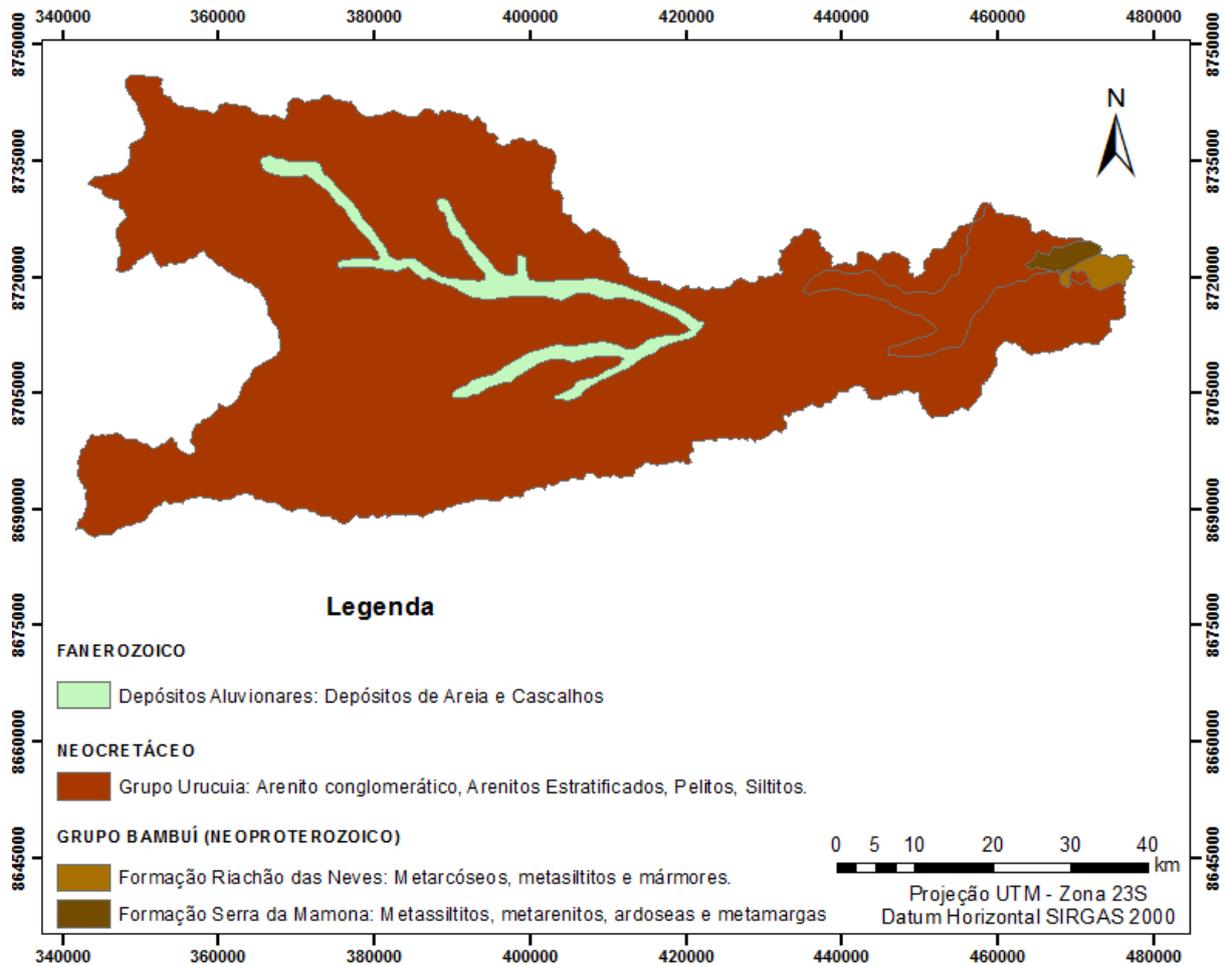


Figura 2. Mapa geológico da Bacia do Rio de Janeiro.

## 2.2. Materiais e Métodos

Para se realizar a análise dos aspectos fisiográficos da Bacia do Rio de Janeiro, foram utilizadas técnicas de Sensoriamento e SIG, a partir de um modelo digital de elevação (MDE) da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM).

A utilização de dados de detecção remota e técnicas de SIG permitiram a obtenção de informações importantes de forma rápida e precisa da bacia hidrográfica.

O MDE da SRTM, com resolução espacial de 30 metros, foi disponibilizado pelo *United States Geological Survey* (USGS) no seguinte endereço: <http://earthexplorer.usgs.gov/>.

Para tratamento dos dados foi utilizado o *software* de SIG ArcGis 10.4, que permite gerenciar e manipular dados georreferenciados e realizar análises espaciais.

Inicialmente foi construído um mosaico com os MDE da SRTM, em seguida o MDE foi refinado através do preenchimento de depressões, para então serem processadas a direção de fluxo, área acumulada com extração de drenagens e a delimitação da bacia.

Os parâmetros escolhidos, para a caracterização fisiográfica da Bacia do Rio de Janeiro, foram os seguintes: área, perímetro, comprimento total de todos os canais, hierarquização dos canais, fator de forma, coeficiente de compacidade, densidade de drenagem, altimetria e declividade.

Os arquivos criados em ambiente SIG foram: MDE da bacia, a direção de fluxo, escoamento acumulado, rede de drenagem e delimitação da bacia. A partir desses dados foi possível a geração dos mapas altimétricos, de declividade, ordem dos canais, além de cálculos numéricos da rede de drenagem.

A rede de drenagem, obtida pelas técnicas de SIG e Sensoriamento Remoto, foi comparada com a rede de drenagem das cartas topográficas da SUDENE, vetorizadas pela Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI), na escala de 1:100.000.

A área, perímetro e o comprimento dos rios foram calculados utilizando a ferramenta *Calculate Geometry*, e para obtenção dos intervalos percentuais da declividade do relevo foi utilizada a ferramenta *Slope* do ArcGIS 10.4.

O coeficiente de Compacidade ( $Kc$ ), segundo Villela e Mattos (1975) é a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia, ele representa um número adimensional, de modo que quanto mais irregular a bacia, maior será o coeficiente de compacidade. O coeficiente de compacidade foi calculado através da equação 1:

$$kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

em que  $P$  é o perímetro em km e  $A$  é a área da bacia em  $\text{km}^2$ .

O fator de forma ( $Kf$ ) relaciona largura média da bacia e o comprimento do eixo da bacia (da foz ao ponto mais longínquo da área). Segundo Villela e Mattos (1975), um fator de forma baixo para uma bacia indica menor susceptibilidade a enchentes. O fator de forma foi calculado através da equação 2:

$$kf = \frac{A}{L^2} \quad (2)$$

em que  $A$  é a área da bacia em  $\text{km}^2$  e  $L$  é o comprimento axial da bacia em km.

A ordem dos rios é uma classificação que reflete o grau de ramificação dentro de uma bacia, sendo bastante utilizada a classificação de Strahler (1964). Nesse sistema de classificação, todos os canais sem tributários são de primeira ordem, na confluência entre dois canais de primeira ordem origina um de segunda e na confluência de dois canais de segunda ordem origina um de terceira ordem e assim por diante. A ordem da bacia será determinada pelo canal de ordem maior, mostrando a extensão da ramificação na bacia.

A densidade de drenagem ( $Dd$ ), que é o resultado da divisão entre o comprimento total dos cursos d'água pela área da bacia, indica a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica, indicando o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem. A densidade de drenagem foi calculada a partir da equação (3):

$$Dd = \frac{Lt}{A} \quad (3)$$

em que  $Lt$  é o comprimento total dos cursos d'água em km e  $A$  é a área da bacia em  $\text{km}^2$ .

### 3. Resultados e Discussão

As características fisiográficas da Bacia do Rio de Janeiro estão dispostas na Tabela 1:

Tabela 1. Características Fisiográficas da Bacia do Rio de Janeiro

Características Fisiográficas	Valor
Área (km <sup>2</sup> )	3.812,68
Perímetro (km)	587,23
Forma	Alongada
Comprimento (L) Axial (km)	108,62
Comprimento Total (Lt) (km)	2.223,67
$Kc^*$	2,66
$Kf^*$	0,32
$Dd$ (km/km <sup>2</sup> )	0,58

\*Adimensional.

A Bacia do Rio de Janeiro, que possui uma área de 3.812,68 km<sup>2</sup> pode ser classificada como uma grande bacia de acordo com a classificação proposta por Wisler e Brater (1964), que classificam grandes bacias como aquelas que possuem áreas superiores a 26 km<sup>2</sup>.

O coeficiente de compacidade ( $Kc$ ) foi estimado em 2,66, o que implica em dizer que a bacia não é sujeita a enchentes e possui a forma alongada. O fator de forma ( $Kf$ ) de 0,32 condiz com o formato alongado, reforçando a baixa probabilidade de enchentes tendo em vista que seu valor encontra-se bem distante de uma unidade.

A Tabela 2 compara diferentes bacias e suas respectivas áreas,  $Kc$ ,  $Kf$  e forma.

Assim como a Bacia do Rio de Janeiro, todas as bacias apresentadas na Tabela 2 apresentam formas alongadas, coeficientes de compacidade ( $Kc$ ) maiores que 1 e fator de forma  $Kf$  menores que 1, o que as enquadra como de baixa probabilidade a inundações.

Tabela 2. Comparação entre  $Kc$ ,  $Kf$  e forma de bacias hidrográficas

Bacia	Área (km)	$Kc$	$Kf$	Forma	Autor
Ribeirão Salobra	543,91	1,48	0,33	Alongada	Oliveira <i>et al.</i> (2010)
Ribeirão do Lobo	177,25	1,47	0,44	Alongada	Villela e Matos (1975)
Rio Tapacurá	471,34	1,80	0,18	Alongada	Duarte <i>et al.</i> (2007)
Rio das Fêmeas	6.420,23	2,23	0,25	Alongada	Souza <i>et al.</i> (2015)
Rio de Ondas	5.465	1,98	0,25	Alongada	Fistarol <i>et al.</i> (2015)

A Figura 3 apresenta a ordem dos rios da Bacia do Rio de Janeiro de acordo com a hierarquia proposta por Strahler (1952).

De acordo com a classificação de Strahler (1952), o sistema de drenagem da Bacia do Rio de Janeiro é de 5º ordem (Figura 3).

O índice de densidade de drenagem estimado para a bacia foi de 0,58 km/km<sup>2</sup>. De acordo com Villela e Matos (1975), este índice pode variar de 0,5 km/km<sup>2</sup> a 3,5 km/km<sup>2</sup>, para bacias com drenagem pobre e para bacias excepcionalmente bem drenadas, respectivamente, portanto a Bacia do Rio de Janeiro possui drenagem pobre, que segundo Gaspar (2006), é comum nas bacias localizadas no Oeste da Bahia.

Na Tabela 3 é possível observar a ordem dos cursos d'água em quantidade e comprimento. Nota-se que 60,96% dos rios são de 1ª ordem, representando grande quantidade de nascentes.

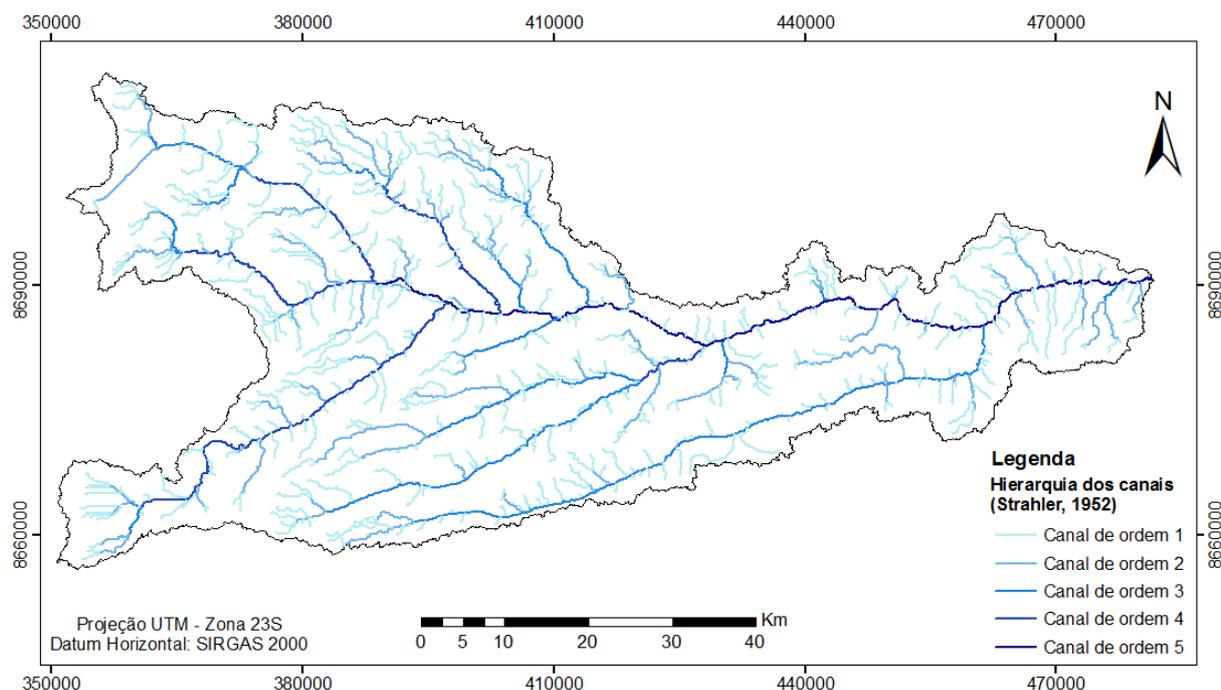


Figura 3. Mapa da ordem dos rios da Bacia do Rio de Janeiro.

Tabela 3. Quantidade de cursos d'água classificados por ordem e os seus respectivos comprimentos (*L*).

Ordem dos Rios	Quantidade	L (Km)
1ª Ordem	606	1.271,16
2ª Ordem	216	431,5
3ª Ordem	178	264,2
4ª Ordem	107	143,11
5ª Ordem	101	113,7
<b>Total</b>	<b>1.208</b>	<b>2.223,67</b>

A Figura 4 apresenta a altimetria da Bacia do Rio de Janeiro, que possui características de altitude homogênea variando de 471 m a leste até 912 m a oeste, não contendo picos ou declives acentuados, exceto nas escarpas das serras sustentadas pelos arenitos do Grupo Urucuia.

Em geral, a bacia hidrográfica do Rio de Ondas apresenta baixa declividade, na qual foram geradas seis diferentes classes percentuais de declividade de acordo com a classificação da Embrapa (2004): 0 – 3 (relevo plano), 3 – 8 (relevo suave ondulado), 8 – 13 (moderadamente ondulado), 13 – 20 (ondulado), 20 – 45 (forte ondulado), < 45 (montanhoso e escarpado).

A Figura 5 apresenta a espacialização da declividade da Bacia do Rio de Janeiro.

Observando a Figura 5 é possível observar que na maior parte da bacia a declividade esta entre 0% - 3%, caracterizando o relevo como plano de acordo com a classificação da Embrapa (2004).

Na porção leste da bacia a altitude diminui drasticamente devido a presença de formações de escarpas no relevo, quando o rio principal se aproxima de seu afluente (Figura 4).

A baixa declividade na maior parte da bacia implica numa velocidade de escoamento baixa e maior tempo de concentração superficial, favorecendo a cultura agrícola crescente na região estudada (Figura 5).

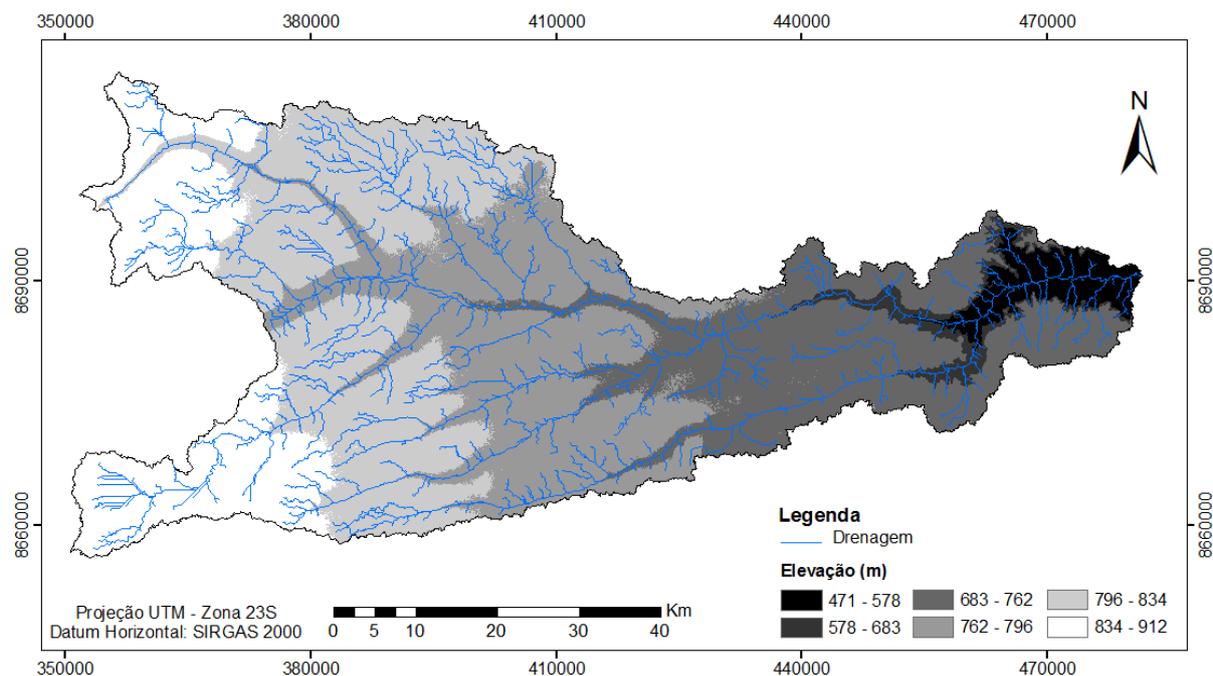


Figura 4. Mapa de altimetria da Bacia do Rio de Janeiro.

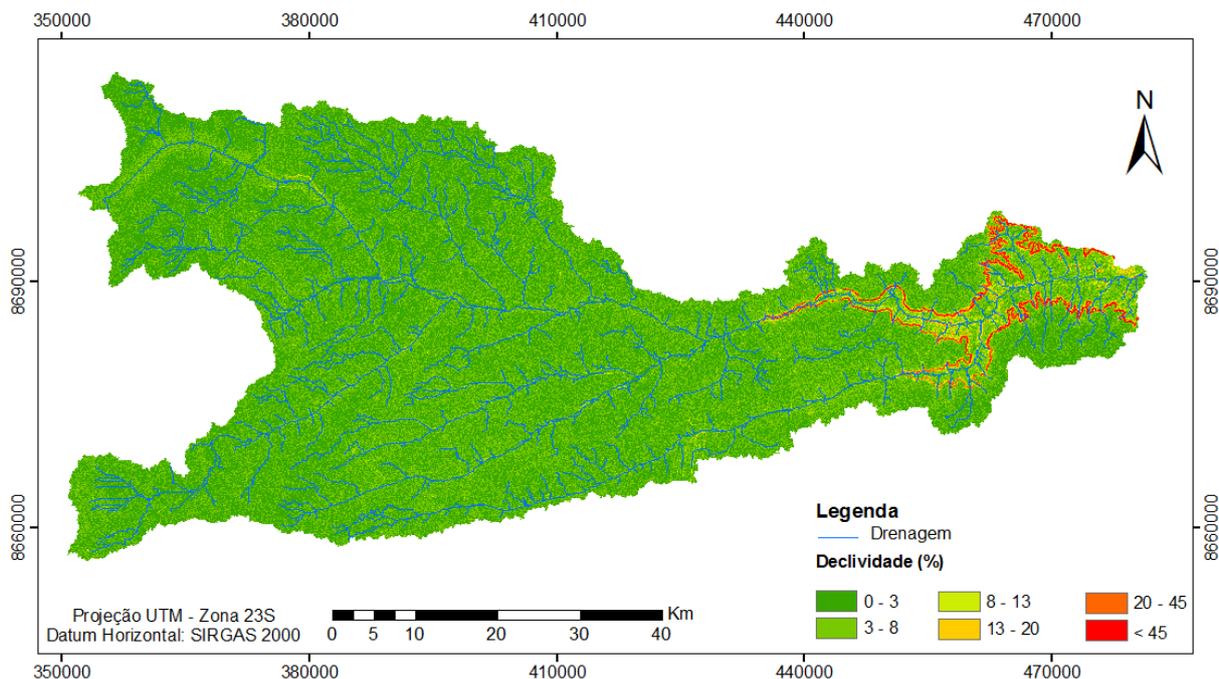


Figura 5. Mapa de declividade da Bacia do Rio de Janeiro.

#### 4. Conclusões

Os resultados obtidos mostram que a Bacia do Rio de Janeiro não apresenta susceptibilidade a enchentes devido seu formato alongado, possui muitas ramificações, por se tratar de uma bacia de 5ª ordem, com várias nascentes nas localidades de baixa declividade e altas altimetrias, caracterizada pelas rochas do Grupo Urucuia.

Rochas do Grupo Bambuí afloram a partir de declividades superiores a 45%, no qual o pacote de arenitos já foi erodido e marca a maior variação de relevo, o que torna a área vulnerável ao aumento do escoamento superficial e intensificação dos processos erosivos.

A variação de altitude e do relevo é significativa na porção leste da bacia, onde se verificam as maiores declividades ocorridas pela formação serrana, o que pode ocasionar uma maior velocidade e pico de escoamento superficial.

A análise realizada no presente trabalho permitiu detalhar e individualizar as características fisiográficas da Bacia do Rio de Janeiro em níveis categóricos mais detalhados e a geração de mapas temáticos, mostrando que o geoprocessamento é uma ferramenta eficiente para a análise dos aspectos fisiográficos de bacias hidrográficas.

### Referências Bibliográficas

Christofoletti, A., 1980. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher.

Duarte, C. C.; Galvêncio, J. D.; Corrêa, A. C. de B.; Araújo de, M. do S. B. Análise Fisiográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Tapacurá – PE. **Revista de Geografia**, v. 24, n. 2, p. 50-64, 2007.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Agropecuária. **Avaliação da aptidão agrícola das terras: proposta metodológica**. Documentos 43. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 36p.

Fistarol, P. H. B; Brandolff, R. S.; Santos, J. Y. G. Análise Fisiográfica da Bacia do Rio de Ondas – BA. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.

Gaspar, M. T. P. **Sistema Aquífero Urucua: caracterização regional e propostas de gestão**. Tese (Doutorado em Geologia) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2006. 158 p.

Jenson, S. K.; Domingue, J. O. Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Bethesda, v.54, n.11, p.1.593-1.600, 1988.

Moreira, M. C.; Silva da, D. D. **Atlas Hidrológico da Bacia Hidrográfica do Rio Grande**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2010. 41p.

Oliveira de, P. T. S.; Sobrinho, T. A.; Steffen, J. L.; Rodrigues, D. B. B. Caracterização morfométrica de bacia hidrográfica através de dados SRTM. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 14, n. 8, p.819-825, 2010.

Santos, J. M., **Análise Geoambiental a partir da Estruturação e Integração de Dados no Contexto da Bacia Hidrográfica do Rio Paraguari, Salvador-Ba**. Dissertação (Pós-Graduação em Geoquímica e Meio Ambiente). Salvador: Universidade Federal da Bahia – UFBA. 2004.

Souza, N. S.; Cardoso, J. M. S.; Souza, W. J.; Santos, J. Y. G.; Santos, P. S. Análise das características morfométricas e de susceptibilidade a enchentes da sub-bacia do Rio das Fêmeas, Oeste da Bahia com uso de Geotecnologias. **Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.

Stahler, A. N. **Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks**. In: Chow, V.T. Handbook of applied Hidrology. New York: McGraw-Hill. p. 439-476, 1964.

Villela, S. M., Mattos, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw – Hill do Brasil, 1975. 245p.

Wisler, C. O.; Brater, E. F. Hidrologia. **Tradução e publicação de Missão Norte-Americana pela Cooperação Econômica e Técnica no Brasil**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S.A. 1964.