



## CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CATOLÉ GRANDE, BAHIA, BRASIL

Micael de Souza FRAGA<sup>1\*</sup>, Renan Gon FERREIRA<sup>2</sup>, Felipe Bernardes SILVA<sup>3</sup>, Nayara Paula Andrade VIEIRA<sup>3</sup>, Danilo Paulúcio da SILVA<sup>1</sup>, Flávia Mariani BARROS<sup>1</sup>, Ione Sousa Braga MARTINS<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, Bahia, Brasil.

<sup>2</sup>Instituto Federal do Espírito Santo, Colatina, Espírito Santo, Brasil.

<sup>3</sup>Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, Minas Gerais, Brasil.

<sup>4</sup>Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil.

\*E-mail: [micaelfraga@yahoo.com.br](mailto:micaelfraga@yahoo.com.br)

Recebido em mês/ano; Aceito em mês/ano; Publicado em mês/ano.

**RESUMO:** O presente estudo tem como objetivo determinar as características morfométricas da bacia hidrográfica do Rio Catolé Grande, BA, utilizando dados SRTM em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG). De posse do MDEHC e da delimitação da bacia foram obtidas diferentes características morfométricas. A área de drenagem encontrada foi de 3.128,81 km<sup>2</sup> e o perímetro de 343,95 km. A bacia do Rio Catolé Grande apresentou altitude média de 652,69 m, declividade média de 13,51%, coeficiente de compactidade de 1,72, fator de forma de 0,29 e índice de circularidade de 0,33. A densidade de drenagem obtida foi de 0,34 km km<sup>-2</sup>. Após a análise dos resultados obtidos, concluiu-se que a bacia possui formato irregular, baixa densidade de drenagem e baixa susceptibilidade a enchentes em condições normais de precipitação. As técnicas de geoprocessamento aplicadas e os dados SRTM utilizados se mostraram eficazes na obtenção das características morfométricas, sendo os resultados obtidos de forma rápida, confiável e com reprodutibilidade científica.

**Palavra-chave:** morfometria, recursos hídricos, geoprocessamento.

### MORPHOMETRIC CHARACTERIZATION OF CATOLÉ GRANDE RIVER WATERSHED, BAHIA STATE, BRAZIL

**ABSTRACT:** This study aimed to determine the morphometric characteristics of Catolé Grande river watershed, Bahia state, Brazil, through SRTM data by using Geographic Information System (GIS). After obtaining MDEHC data and the watershed delimitation, different morphometric characteristics were also obtained. The drainage area found was 3.128,81 km<sup>2</sup> and the perimeter was 343,95 km. Watershed of Catolé Grande river presents average height of 652.69 m, average declivity of 13.51%, compactness coefficient of 1.72, form factor 0.29 and circle index 0.33. Drainage density obtained for the watershed was 0.34 km km<sup>-2</sup>. After analysis of results obtained, it was concluded that the basin has irregular format, low drainage density and low susceptibility of the floods in normal precipitation condition. The applied Geoprocessing techniques and SRTM data used were efficient for obtaining morphometric characteristics. The results were obtained quickly, reliable and with scientific replication.

**Keywords:** morphometry, water resources, geoprocessing.

#### 1. INTRODUÇÃO

Uma bacia hidrográfica pode ser entendida como uma área definida topograficamente, drenada por um curso de água ou um sistema conectado de cursos de água, de forma que toda a vazão efluente seja descarregada por uma única saída (TUCCI, 2009). Para Vasco et al. (2011) o estudo das bacias hidrográficas, tanto urbanas quanto rurais, é imprescindível para obter o equilíbrio entre a exploração dos recursos naturais e a sustentabilidade ambiental. Para o autor supracitado a exploração ambiental vem ocorrendo de maneira desordenada,

impulsionada pelo crescimento populacional acelerado, expansão das áreas agrícolas e intensa urbanização.

Estudos morfométricos em bacias hidrográficas são fundamentais na caracterização das mesmas, bem como na determinação de suas potencialidades e limitações quanto ao uso do solo, favorecendo assim o planejamento adequado das atividades a serem desenvolvidas. Para Villela; Mattos, (1975) as características morfométricas, também conhecidas como características físicas possuem estreita relação com o regime hidrológico da bacia hidrográfica, sendo de extrema importância para

determinar, de forma indireta, variáveis hidrológicas de locais desprovidos de informações.

O avanço tecnológico na área do geoprocessamento em ambientes de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e o surgimento do Modelo Digital de Elevação (MDE) têm contribuído muito na execução de estudos envolvendo delimitação automática de bacia hidrográfica, aumentando a agilidade de obtenção e a confiabilidade dos resultados. Para Coutinho et al. (2011) o norteamento das ações com base na bacia hidrográfica tem seu início pelo uso de geoprocessamento, principal ferramenta para sua e delimitação. Um MDE é considerado hidrograficamente condicionado (MDEHC) quando o mesmo representa o relevo de forma a reproduzir, com precisão, o caminho preferencial do escoamento da água superficial observado no mundo real. Desta forma, os modelos digitais de elevação (MDEHC) asseguram que o escoamento superficial, originado a partir de qualquer ponto da bacia hidrográfica, convergirá para a hidrografia e esta para a respectiva foz (CARDOSO et al., 2006).

Elesbon et al. (2011) enfatizam que a utilização de um MDEHC, por intermédio do uso de sistema de informações geográficas, é fundamental para obtenção automática das características morfométricas das bacias de drenagem, apresentando maior eficiência e confiabilidade dos processos, a reprodutibilidade dos resultados e a possibilidade de armazenamento e compartilhamento dos dados digitais. Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo determinar as características morfométricas da bacia hidrográfica do Rio Catolé Grande, fornecendo assim novos subsídios para o gerenciamento dos recursos hídricos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Caracterização da área de estudo

O local do presente estudo é a bacia hidrográfica do Rio Catolé Grande (Figura 1), pertencente à bacia hidrográfica do Rio Pardo. Esta bacia, considerando o sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), está contida na zona 24, entre os paralelos N: 8380000 – 8226000 e meridianos E: 300000 – 385000, estando totalmente localizada na região sudoeste da Bahia. O Rio Catolé Grande nasce no município de Vitória da Conquista e drena a calha do Rio Pardo no sentido NO-SE, com sua seção de controle a jusante da cidade de Itapetinga.

### 2.2. Obtenção do MDEHC e delimitação da Bacia

Para a posterior obtenção das características morfométricas da bacia foi utilizado o MDE obtido a partir de imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), com resolução de 90 x 90 m, disponível em MIRANDA et al. (2013). Para garantir que todo o limite da bacia do Rio Catolé Grande estivesse disponível para ser trabalhado, foi feito o download das seguintes cartas: SD-24Y-A, SD-24Y-B, SD-24Y-C e SD-24Y-D. O software utilizado para manipulação das imagens SRTM foi o ArcGIS 10.2/ArcMap® do ESRI. Para a obtenção do MDEHC a partir da imagem SRTM, preencheram-se primeiramente as depressões espúrias do MDE, seguido da determinação da direção de fluxo e do fluxo acumulado, respectivamente, em ambiente de SIG.

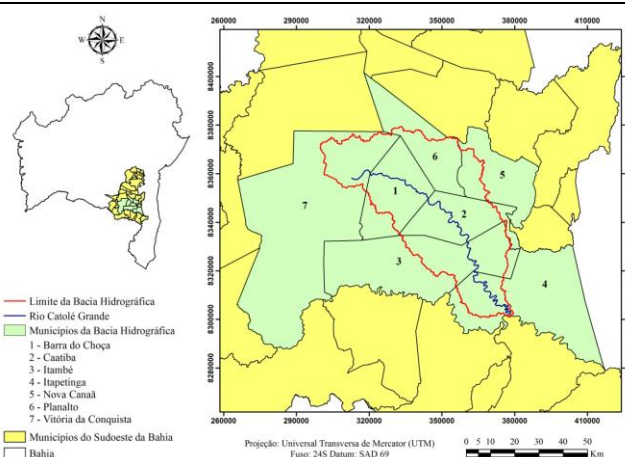


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do Rio Catolé Grande.

Após a determinação do fluxo acumulado, foi gerada a drenagem numérica da bacia (ramificação da rede de drenagem) através de um acúmulo de 500 células. Na sequência foram realizados procedimentos computacionais em ambiente SIG com o objetivo de condicionar o MDE à hidrografia, de maneira a gerar um MDEHC. Tais procedimentos são imprescindíveis para a delimitação e determinação das características morfométricas da bacia em estudo. A etapa inicial para a geração do MDEHC foi afinar a hidrografia obtida anteriormente, de maneira a caracterizar o caminho preferencial do escoamento superficial. Segundo Marques et al. (2009), esse procedimento se deve, principalmente, à suavização da rede de drenagem, visando às verificações topológicas e à orientação da hidrografia no sentido nascente-foz.

A fim de forçar o MDE a conduzir o escoamento superficial até as novas calhas afinadas e garantir a continuidade do escoamento até a foz, a próxima etapa consistiu no aprofundamento da hidrografia afinada em 1000 metros. Com a hidrografia aprofundada no MDE, foi feito todo o procedimento de preenchimento de depressões espúrias que porventura possam ter sido geradas durante o processamento, em seguida, foi gerada então uma nova direção de escoamento e um novo fluxo acumulado. Dessa forma, pôde-se considerar hidrograficamente condicionado o MDE. A delimitação da bacia hidrográfica foi obtida por procedimento automático realizado a partir da aplicação do software de SIG, considerando o MDEHC e um arquivo contendo a localização do exutório da mesma.

### 2.3. Determinação dos parâmetros morfométricos

De posse da delimitação da bacia foram obtidas as diferentes características morfométricas: área de drenagem (A), perímetro da bacia (P), coeficiente de compactidade (Kc), fator de forma (F), índice de circularidade (IC), declividade, altitude, coeficiente de rugosidade (RN), densidade de drenagem (Dd), coeficiente de manutenção (Cm) e ordem dos cursos d'água. O fator de forma relaciona a forma da bacia com a de um retângulo, correspondendo à razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia (da foz ao ponto mais longínquo do espigão). O fator de forma foi determinado utilizando a Equação 1. O coeficiente de

compacidade foi calculado pela Equação 2 e corresponde à relação entre o perímetro da bacia e o perímetro da circunferência de um círculo de área igual a da bacia. A densidade de drenagem da bacia foi estimada conforme Equação 3 e relaciona o comprimento total de todos os canais presentes na bacia (perenes, intermitentes e efêmeros) com sua área de drenagem.

$$F = \frac{A}{L^2} \quad (\text{Equação 1})$$

$$Kc = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (\text{Equação 2})$$

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

Em que:  $F$  = fator de forma, adimensional;  $A$  = área de drenagem,  $m^2$ ;  $L$  = comprimento axial, m;  $Kc$  = coeficiente de compacidade, adimensional;  $P$  = perímetro da bacia, m;  $A$  = área de drenagem,  $m^2$ ;  $Dd$  = densidade de drenagem,  $km\ km^{-2}$ ;  $Lt$  = comprimento total de todos os canais, km;  $A$  = área de drenagem,  $km^2$ .

O coeficiente de manutenção foi obtido através da Equação 4 que consiste no inverso da densidade de drenagem. O coeficiente de rugosidade foi obtido através da Equação 5, que corresponde ao produto entre a densidade de drenagem e a declividade média da bacia. O índice de circularidade é calculado de forma direta conforme a Equação 6.

$$Cm = \frac{1}{Dd} \times 1000 \quad (\text{Equação 4})$$

$$RN = Hdm \times Dd \quad (\text{Equação 5})$$

$$IC = \frac{12,57 \times A}{P^2} \quad (\text{Equação 6})$$

Em que:  $Cm$  = coeficiente de manutenção,  $m^2\ m^{-1}$ ;  $Dd$  = densidade de drenagem,  $km\ km^{-2}$ ;  $RN$  = coeficiente de rugosidade, adimensional;  $Hdm$  = declividade média,  $m\ m^{-1}$ ;  $Dd$  = densidade de drenagem,  $km\ km^{-2}$ .  $IC$  = índice de circularidade, adimensional;  $A$  = área de drenagem,  $m^2$ ;  $P$  = perímetro, m.

As altitudes e declividades máximas médias e mínimas foram obtidas automaticamente pelo *software* através do MDE. O perímetro também foi obtido automaticamente pelo *software* quando se gerou a bacia de estudo. Para classificação das declividades na bacia foram utilizados seis intervalos distintos de classes, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2009). O ordenamento dos cursos d'água foi realizado considerando a metodologia de hierarquização fluvial estabelecida por Strahler (1957).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características morfométricas da bacia hidrográfica do Rio Catolé Grande estão apresentadas na Tabela 1. De acordo com as análises realizadas, a bacia do Rio Catolé Grande apresentou uma área de drenagem de 3128,81  $km^2$  e perímetro igual a 343,95 km. Para Tucci (2009) a área da bacia tem fundamental importância para definir a sua potencialidade hídrica e sua resposta hidrológica, já que,

quanto maior a área, menor a tendência de ocorrer picos de enchentes, pois maior será o tempo para que toda a bacia contribua de uma só vez.

Tabela 1. Características morfométricas da bacia hidrográfica do Rio Catolé Grande.

<b>Características Geométricas</b>	
Área de drenagem ( $km^2$ )	3.128,81
Perímetro (km)	343,95
Comprimento axial da bacia (km)	103,53
Coeficiente de compacidade (Kc)	1,72
Fator de forma (F)	0,29
Índice de circularidade (IC)	0,33
<b>Características do Relevo</b>	
Declividade máxima (%)	106,49
Declividade média (%)	13,51
Declividade mínima (%)	0,00
Altitude máxima (m)	1.124,00
Altitude média (m)	652,69
Altitude mínima (m)	219,00
Coeficiente de rugosidade	4,59
<b>Características da Rede de Drenagem</b>	
Comprimento total de todos os canais (km)	1.051,77
Comprimento do canal principal (km)	172,32
Densidade de drenagem ( $km\ km^{-2}$ )	0,34
Coeficiente de manutenção ( $m^2\ m^{-1}$ )	2.941,18
Ordem	5

O fator de forma (0,29), o coeficiente de compacidade (1,72) e o índice de circularidade (0,33) obtidos indicam que a bacia hidrográfica do Rio Catolé Grande aponta um formato irregular, apresentando-se alongada. Segundo Villela; Mattos (1975), as bacias alongadas possuem menor concentração do deflúvio. Considerando essa característica, pode-se inferir que a bacia do Rio Catolé Grande apresenta menor risco de enchentes em condições normais de precipitação. O formato alongado da bacia denota menor possibilidade de precipitações intensas cobrirem simultaneamente toda sua extensão. Dessa forma, menor a probabilidade de uma grande quantidade de água vinda de diferentes tributários contribuir simultaneamente à calha principal, reduzindo o risco de extravasamento da água no canal.

Na Tabela 2 está apresentada a distribuição das classes de altitudes e a distribuição das classes de declividades na bacia do Rio Catolé Grande. O MDEHC demonstra grande variação de altitude, com mínima de 209 e máxima de 1124 m, apresentando altitude média de 652,69 m (Figura 2). Para Duarte et al. (2007), a variação da elevação e a elevação média de uma bacia hidrográfica tem grande correlação com a temperatura e a precipitação. Grandes variações de altitude numa bacia acarretam diferenças significativas na temperatura média, a qual, por sua vez, causa variações na evapotranspiração e precipitação anual (SANTOS et al., 2012). Portanto, em função da alta variação de elevação, a bacia é sujeita a variações relevantes de temperatura e precipitação.

A distribuição espacial das classes de declividade na bacia hidrográfica do Rio Catolé Grande pode ser observada na Figura 3. A declividade média encontrada para a bacia foi de 13,51%, que, segundo classificação da EMBRAPA (2009), caracteriza-se como relevo ondulado. Pode-se verificar uma maior concentração de altas declividades na região central da bacia, porção onde a variação da altitude se apresenta mais elevada.

Tabela 2. Distribuição da elevação e das classes de declividades na bacia hidrográfica do Rio Catolé Grande.

Altitude (m)	Área (km <sup>2</sup> )
209 – 245	667,69
345 – 449	360,63
449 – 575	245,62
575 – 700	250,77
700 – 818	318,13
818 – 906	544,74
906 – 1.124	741,94
Declividade (%)	Área (km <sup>2</sup> )
0 – 3	635,77
3 – 8	831,80
8 – 20	831,88
20 – 45	764,52
45 – 75	64,99
> 75	0,56

Para Tonello et al. (2006) a declividade de uma bacia hidrográfica afeta consideravelmente a velocidade do escoamento superficial, diminuindo assim a infiltração da água no solo, que, associadas à ausência de cobertura vegetal e altas intensidades de chuvas, potencializam o processo de erosão do solo e a ocorrência de enchentes.

Segundo a metodologia, a drenagem da bacia é considerada de 5ª ordem (Figura 4), indicando que o sistema de drenagem é pouco ramificado, quando comparado a sua área. De acordo com Tonello et al. (2006), quanto mais ramificada a rede, mais eficiente será o sistema de drenagem. A densidade de drenagem encontrada para a bacia foi de 0,34 km km<sup>-2</sup>, que, segundo Villela; Mattos, (1975), é considerada mal drenada.

Para a densidade de drenagem obtida, conclui-se também que a bacia possui uma maior superfície de contribuição em relação à quantidade de canais. A ausência de uma densidade de drenagem que contribua para uma rápida saída da água precipitada contribui para a infiltração da água no solo e a menor propensão a picos de vazão, aumentando a recarga dos lençóis freáticos e diminuindo o risco de extravasamento do canal.

Em função da baixa densidade de drenagem, obteve-se um coeficiente de manutenção correspondente a 2.941,18 m<sup>2</sup> m<sup>-1</sup>. Essa informação denota a necessidade de uma área de drenagem de, no mínimo 2.941,18 m<sup>2</sup> para a manutenção de um metro de canal de escoamento.

#### 4. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos conclui-se que a bacia apresenta formato irregular, sendo tal afirmação comprovada pelo coeficiente de compactidade, fator de forma e índice de circularidade, fazendo com que a bacia se apresente pouco susceptível a enchentes em condições normais de precipitação.

A baixa densidade de drenagem obtida denota uma maior área de contribuição da bacia em relação à sua quantidade de canais, o que resulta em uma menor propensão a picos de vazão e, portanto, menor risco de ocorrência de extravasamento do canal. A bacia apresenta ordem fluvial igual a cinco, o que pode ser considerada baixa em vista de sua área.

Em função da alta variação de altitude, a bacia é sujeita a variações relevantes de temperatura e precipitação. As técnicas de geoprocessamento aplicadas em ambiente de SIG se mostraram eficazes na obtenção

das características morfométricas, apresentando-se favorável às ações de planejamento e gerenciamento de recursos hídricos e ambientais.

#### 5. REFERÊNCIAS

CARDOSO, C. A. et al. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.2, p.241-248, mar./abr. 2006.

COUTINHO, L. M. et al. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio da Prata, Castelo, ES. **Irriga**, Botucatu, v.16, n.4, p.369-381, out./dez. 2011.

DUARTE, C. C. et al. Análise fisiográfica da bacia hidrográfica do Rio Tapacurá - PE. **Revista de Geografia**, Recife, v.24, n.2, p.50-64, maio/ago. 2007.

ELESBON, A. A. A. et al. Uso de dados SRTM e plataforma SIG na caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Braço Norte do Rio São Mateus - Brasil. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v.64, n.3, p.281-288, jul./set. 2011.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** – Rio de Janeiro: Embrapa, 2009. 412p.

MARQUES, F. A. et al. AQUORA - Sistema multi-usuário para gestão de recursos hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.14, n.4, p.51-69, out./dez. 2009.

MIRANDA, E. E. **Brasil em Relevo**. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa>>. Acesso: 10 de dez. de 2013.

SANTOS, D. B. et al. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio São José, Cascavel, PR. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v.5, n.2, p.7-18, maio/ago. 2012.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **American Geophysical Union**, Washington DC, v.38, n.6, p.913-920, dez.1957.

TONELLO, K. C. et al. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães - MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.5, p.849-857, set./out. 2006.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4.ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2009. 943p.

VASCO, A. N. et al. Avaliação espacial e temporal da qualidade da água na sub-bacia do Rio Poxim, Sergipe, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v.6, n.1, p.118-130, jan./abr. 2011.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

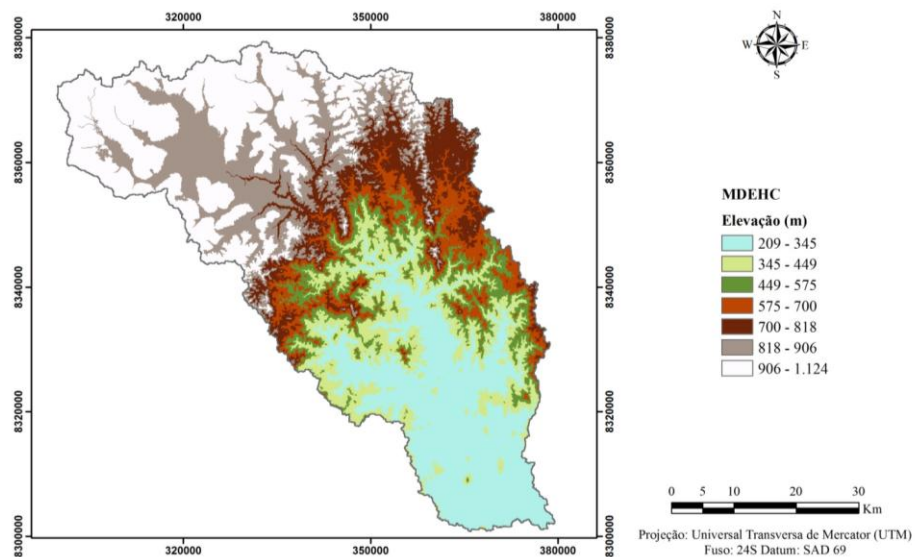


Figura 2. Distribuição espacial da elevação na bacia hidrográfica do Rio Catolé Grande.

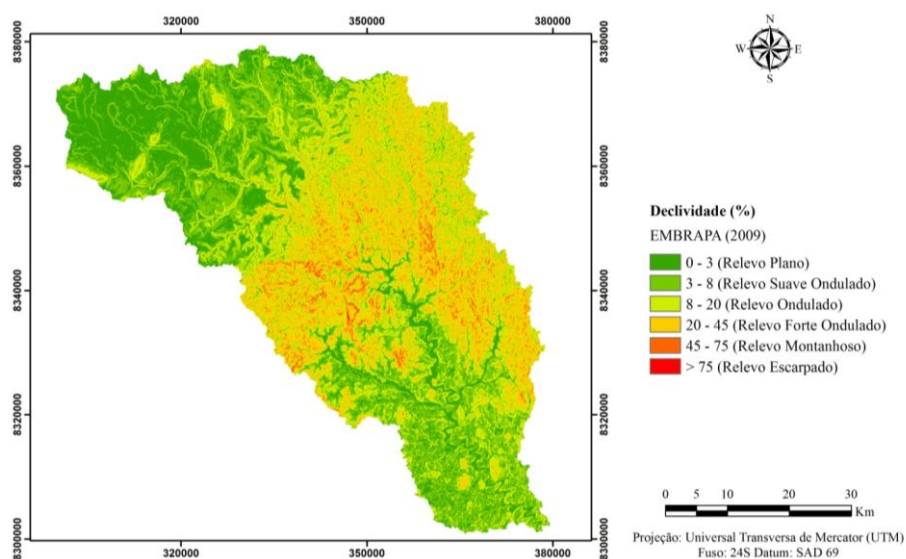


Figura 3. Distribuição espacial das classes de declividade na bacia hidrográfica do Rio Catolé Grande.

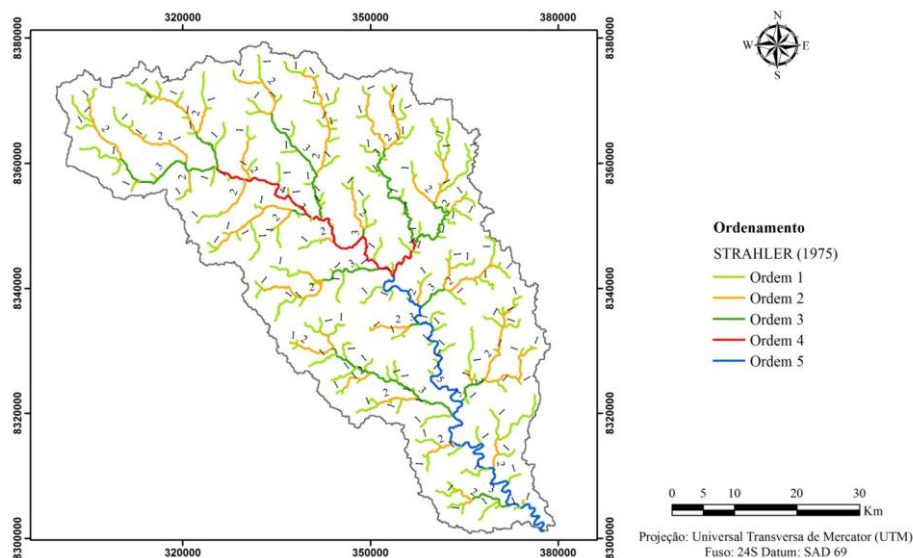


Figura 4. Hierarquização dos cursos d'água da bacia hidrográfica do Rio Catolé Grande.