



CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO PANQUINHAS, ES

Renan Gon Ferreira¹, Márcia Cristina de Oliveira Moura², Fábio da Silveira Castro³

1. Graduando em Tecnologia em Saneamento Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – *Campus Colatina* – Brasil.
(renan_gf@hotmail.com)
2. Doutora em Engenharia Florestal, Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – *Campus Colatina* – Brasil.
3. Doutorando do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES – *Campus Alegre*) e Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – *Campus Ibatiba* – Brasil.

Recebido em: 06/10/2012 – Aprovado em: 15/11/2012 – Publicado em: 30/11/2012

RESUMO

O ribeirão Panquinhas está localizado na região noroeste do estado do Espírito Santo. É um afluente do Rio Pancas e apresenta grande relevância para a região, sendo utilizado como manancial de captação para abastecimento público de água do município de Pancas, além de ser um atrativo turístico do município. As bacias hidrográficas e suas sub-bacias são consideradas unidades essenciais para o planejamento e gerenciamento de recursos hídricos, sendo sua caracterização morfométrica fundamental nas tomadas de decisões quanto à conservação das mesmas. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo fornecer parâmetros morfométricos da sub-bacia do ribeirão Panquinhas a fim de possibilitar e facilitar a tomada de decisões direcionadas à conservação de seus recursos naturais. Para tanto, foram utilizados dados de radar, da missão espacial *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) para representar o Modelo Digital de Elevação (MDE), e técnicas de geoprocessamento em um ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG). Para elucidar o comportamento hidrológico da sub-bacia, foram estimados alguns parâmetros morfométricos da sub-bacia. A área de drenagem obtida corresponde a 283,04 km² e o perímetro mede 108,61 km. Com formato irregular, a sub-bacia apresentou fator de forma igual 0,57, coeficiente de compacidade igual a 1,81 e índice de circularidade igual a 0,30. A densidade de drenagem encontrada foi de 1,20 km/km² indicando baixa capacidade de drenagem. A sub-bacia apresentou relevo forte ondulado (45,75% da área total da sub-bacia), com declividade média de 35,87% e altitude média de 407,69 metros.

PALAVRAS-CHAVE: sistemas de informação geográfica, recursos hídricos, modelo digital de elevação.

MORPHOMETRIC CHARACTERIZATION OF SUB-BASIN OF THE RIBEIRÃO PANQUINHAS, ES

ABSTRACT

Ribeirão Panquinhas is located in the northwest region of the state of Espírito Santo. It is a tributary of the Pancas River and is highly relevant to the region, being used as a source of funding for public water supply of the city of Pancas, besides being a tourist attraction in the city. Watersheds and their sub-basins are considered essential units for planning and managing water resources, and its morphometric characteristics are essential in decision making regarding the conservation of the same. In this context, this paper aims to provide morphometric parameters of the sub-basin of the ribeirão Panquinhas to enable and facilitate decision-making aimed at the conservation of its natural resources. For this, we used data from radar, space mission *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) to represent the Digital Elevation Model (DEM) and geoprocessing techniques in an environment of Geographic Information System (GIS). To elucidate the hydrological behavior of the sub-basin morphometric parameters were estimated from the sub-basin. The drainage area obtained corresponds to 283.04 km² and perimeter measuring 108.61 km. Irregularly shaped, the sub-basin showed the form factor equal to 0.57, compactness coefficient equal to 1.81 and circularity index equal to 0.30. The drainage density found was 1.20 km/km² indicates poor drainage capacity. The sub-basin showed strong relief wavy (45.75% of the total area of the sub-basin), with an average slope of 35,87% and an average elevation of 407.69 meters.

KEYWORDS: geographic information systems, water resources, digital elevation model.

INTRODUÇÃO

Bacia hidrográfica pode ser entendida como uma área definida topograficamente, drenada por um curso de água ou um sistema conectado de cursos de água, tal que toda vazão efluente seja descarregada por uma única saída (TUCCI, 2009).

O conhecimento das características morfométricas de uma bacia ou sub-bacia hidrográfica é imprescindível para a conservação de seus recursos hídricos, pois torna possível a compreensão do comportamento hidrológico que as mesmas apresentam e que futuramente poderão vir a apresentar, o que denota a possibilidade de acompanhamento das interferências nos processos do ciclo hidrológico e as respectivas respostas da natureza.

Com o advento e consolidação dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e, conseqüentemente, o surgimento de formas digitais consistentes de representação do relevo, como os Modelos Digitais de Elevação (MDE), métodos automáticos de delimitação tem sido desenvolvidos desde então. Tais métodos fornecem mais confiabilidade e reprodução dos resultados com menor carga de subjetividade em vista aos métodos manuais e tradicionais, antes empregados na geração de mapas e cartas (GARBRECHT & MARTZ, 1999).

Um importante parâmetro avaliado na delimitação automática da sub-bacia de estudo é a hierarquia fluvial, que de acordo com CHRISTOFOLETTI (1980) consiste no processo de se estabelecer a classificação de determinado curso d'água (ou da área drenada que lhe pertence) no conjunto total da bacia hidrográfica na qual se

encontra.

Os SIG's têm sido muito utilizados devido à sua flexibilidade e disponibilidade, consistindo de sistemas computadorizados, que permitem sobrepor diversas informações espaciais da bacia hidrográfica. A informação é armazenada digitalmente e apresentada visual ou graficamente, permitindo a comparação e a correlação entre informações. A utilização dos SIG's para o gerenciamento ambiental de bacias hidrográficas envolve muitas outras atividades, além da elaboração e manutenção de um banco de dados geocodificados, de onde são retiradas as diversas informações estatísticas sobre as características da unidade de estudo (PIRES *et al.*, 2002).

Desta maneira, o presente trabalho tem como objetivo determinar as seguintes características morfométricas da sub-bacia do ribeirão Panquinhas: área, perímetro, fator de forma, coeficiente de compacidade, índice de circularidade, densidade de drenagem, extensão média do escoamento superficial, hierarquia fluvial e declividade. Os dados de altitude foram obtidos através da missão espacial *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)* e plataforma SIG.

METODOLOGIA

A área contemplada no presente estudo foi a sub-bacia do ribeirão Panquinhas localizada no município de Pancas na região noroeste do estado do Espírito Santo, abrangendo uma área de 283,04 km² e perímetro de 108,61 km.

Situa-se geograficamente entre os meridianos 40°56'45" e 40°44'36" de longitude oeste e entre os paralelos 19°21'30" e 19°06'09" de latitude sul, conforme Figura 1.

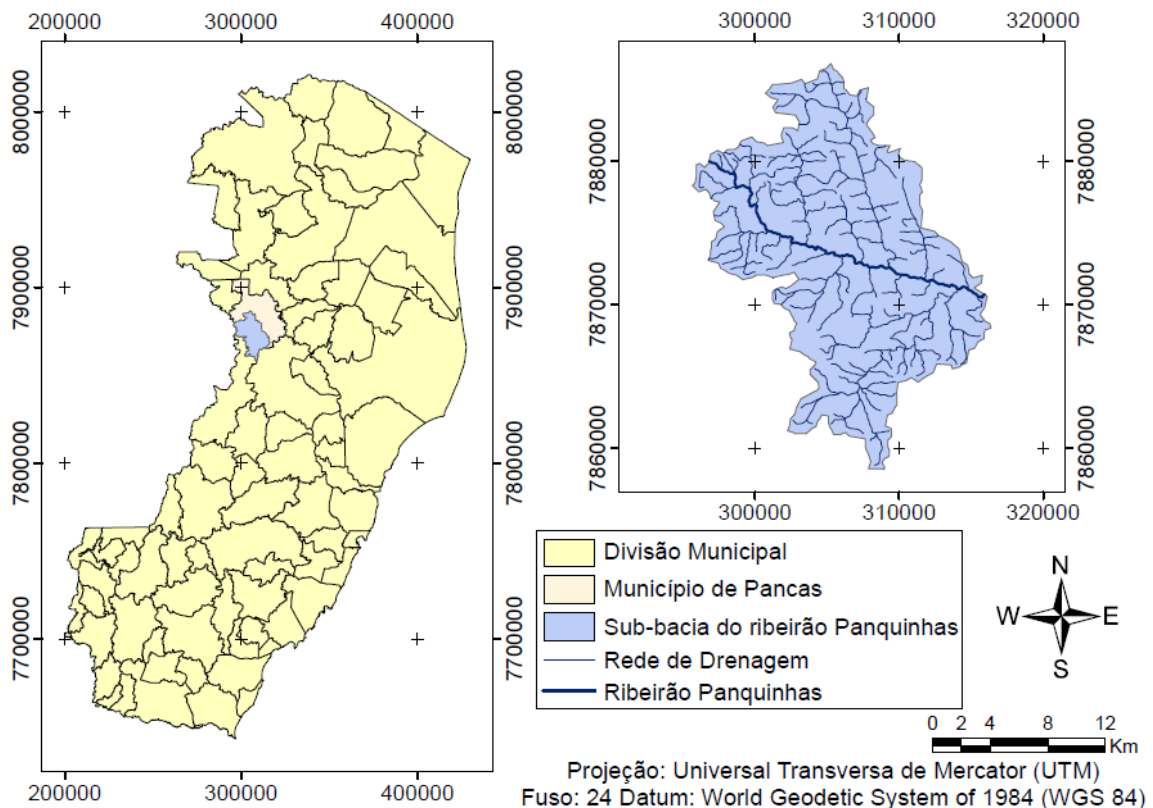


FIGURA 1. Mapa de localização da Sub-bacia do ribeirão Panquinhas – ES. Fonte: Elaborado pelos autores.

A delimitação dos divisores de água da sub-bacia do ribeirão Panquinhas foi executada em ambiente de SIG, através do software ArcGIS 9.3/ArcMap®, desenvolvido pela Environmental Systems Research Institute (ESRI) e com a utilização de um Modelo Digital de Elevação (MDE) disponibilizado pela missão espacial *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), desenvolvida pela National Aeronautics and Space Administration (NASA) e National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) no ano 2000, e adquirido gratuitamente através do endereço eletrônico <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br> (MIRANDA, 2005).

Além das imagens de radar SRTM, foram utilizados arquivos vetoriais, como a malha do estado do Espírito Santo e municípios, disponibilizados gratuitamente no PORTAL GEOBASES, através do endereço eletrônico <http://www.geobases.es.gov.br/portal/>.

Para a classificação hierárquica dos cursos d'água no presente estudo, considerou-se o método de ordenamento proposto por Strahler, onde os menores canais, sem tributários, são considerados de primeira ordem, estendendo-se desde a nascente até a confluência; os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e de primeira ordens; os canais de quarta ordem surgem da confluência de dois canais de terceira ordem, podendo receber tributários das ordens inferiores e assim sucessivamente (STRAHLER, 1957).

Desta maneira, com o emprego do software de SIG ArcGIS 9.3/ArcMap® foi determinado o ordenamento fluvial da sub-bacia, através dos módulos "*ArcToolbox – Spatial Analyst Tools – Hydrology – Stream Link*" e "*ArcToolbox – Spatial Analyst Tools – Hydrology – Stream Order*", respectivamente. Desse modo, obteve-se a rede hidrográfica hierarquizada em imagem matricial.

Em seguida, com o objetivo de facilitar a visualização e possibilitar a rotulação de cada afluente da rede de drenagem, optou-se por transformar a imagem matricial em vetorial de linhas representando a hidrografia, através do módulo "*ArcToolbox – Spatial Analyst Tools – Hydrology – Stream Feature*".

As etapas metodológicas para delimitação automática da sub-bacia do ribeirão Panquinhas e determinação de seu ordenamento fluvial estão apresentadas no fluxograma (Figura 2).

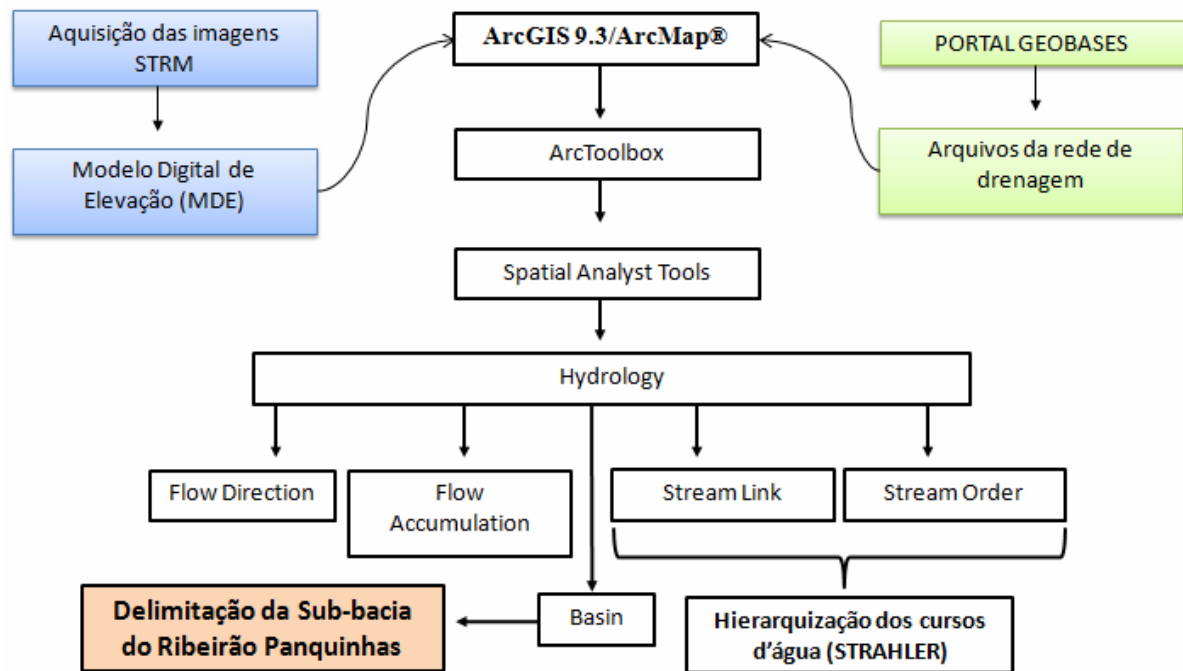


FIGURA 2. Fluxograma da metodologia utilizada na delimitação da sub-bacia e na determinação de seu ordenamento fluvial.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para a classificação da declividade na sub-bacia foram utilizados seis intervalos distintos de classes, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2009), conforme Quadro 1.

QUADRO 1. Classificação das declividades do relevo.

Declividade (%)	Discriminação
0 – 3	Relevo Plano
3 – 8	Relevo Suave Ondulado
8 – 20	Relevo Ondulado
20 – 45	Relevo Forte Ondulado
45 – 75	Relevo Montanhoso
> 75	Relevo Escarpado

Fonte: EMBRAPA, 2009.

No processo de caracterização morfométrica da sub-bacia do ribeirão Panquinhas, foram estimados parâmetros físicos do ponto de vista quantitativo, tais como: área de drenagem, perímetro, comprimento total dos cursos d'água, comprimento do canal principal, fator de forma (Equação 1), coeficiente de compacidade (Equação 2), índice de circularidade (Equação 3), densidade de drenagem (Equação 4), extensão média do escoamento superficial (Equação 5) e declividade.

$$F = A/L^2 \quad (1)$$

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

$$IC = (12,57 \times A) / P^2 \quad (3)$$

$$Dd = Lt/A \quad (4)$$

$$I = A/4Lt \quad (5)$$

sendo: F o fator de forma, A a área de drenagem (km²), L o comprimento axial da sub-bacia (km), Kc o coeficiente de compacidade, P o perímetro (km), IC o índice de circularidade, Dd a densidade de drenagem (km/km²), Lt o comprimento total de todos os canais (km) e I a extensão média do escoamento superficial (km).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os estudos realizados, a sub-bacia do ribeirão Panquinhas apresentou uma área de drenagem de 283,04 km² e perímetro igual a 108,61 km. As características morfométricas estão apresentadas no Quadro 2.

QUADRO 2. Características morfométricas da sub-bacia do ribeirão Panquinhas, ES.

Características Físicas	Resultados
Área de drenagem (km ²)	283,04
Perímetro (km)	108,61
Comprimento axial da sub-bacia (km)	22,30
Coeficiente de compacidade (Kc)	1,81
Fator de forma (F)	0,57
Índice de circularidade (IC)	0,30
Declividade média (%)	35,88
Altitude máxima (m)	885,00
Altitude média (m)	407,69
Altitude mínima (m)	89,00
Extensão média do escoamento superficial (km)	0,21
Comprimento total de todos os canais (km)	340,75
Comprimento do canal principal (km)	27,21
Densidade de drenagem (km/km ²)	1,20
Hierarquia Fluvial	3

Diante do resultado obtido para fator de forma (0,57), reforçado pelo resultado encontrado para coeficiente de compacidade (1,81) e índice de circularidade (0,30), pode-se inferir que a sub-bacia do ribeirão Panquinhas é pouco susceptível a enchentes em condições normais de precipitação, visto que tais valores encontrados apontam que a sub-bacia de estudo possui formato irregular, apresentando-se alongada.

Neste sentido, o formato alongado da sub-bacia denota menor possibilidade de

precipitações intensas cobrirem simultaneamente toda sua extensão e, por conseguinte, menor a quantidade de água que chega simultaneamente à calha principal, reduzindo assim a incumbência do sistema de drenagem constituir uma drenagem com elevado grau de eficiência, considerando que quanto mais água o mesmo recebe mais demanda eficiência para impedir o extravasamento do canal.

Neste contexto, a densidade de drenagem encontrada foi de 1,20 km/km², o que denota baixa capacidade de drenagem da sub-bacia em estudo, considerando que este índice pode variar de 0,5 km/km² para bacias com drenagem pobre a 3,5 km/km², ou mais, para bacias bem drenadas (VILLELA & MATTOS, 1975). Dessa forma, a densidade de drenagem obtida denota uma maior superfície de contribuição da sub-bacia em relação à quantidade de canais que a mesma possui, o que contribui para a infiltração de água no solo e favorece o abastecimento do lençol freático, devido à baixa velocidade com que se dá o escoamento superficial da água da precipitação para atingir determinado curso d'água.

De acordo com a baixa densidade de drenagem e o formato alongado da sub-bacia pode-se inferir que a mesma está livre da ocorrência de enchentes, desde que se desconsiderem as ocorrências de precipitações anormais e demais eventos hidrológicos extremos, visto que a sub-bacia não possui uma densidade de drenagem que contribua vigorosamente para uma rápida saída da água da precipitação em sua seção de exutório.

A sub-bacia do ribeirão Panquinhas apresenta grande variação de altitude com mínima de 89 e máxima de 885 m, apresentando altitude média de 407,69 m. Desse modo, a altitude da sub-bacia do ribeirão Panquinhas se apresenta significativa, tendendo a ocasionar precipitações bem distribuídas e regulares por sua extensão, contribuindo assim na manutenção da disponibilidade hídrica da região.

De acordo com os métodos de classificação de declividade propostos pela EMBRAPA (2009), o relevo forte ondulado é predominante em relação às outras classes com 45,75% da área total da sub-bacia do ribeirão Panquinhas compreendida entre 20 e 45% de declividade (Tabela 1).

TABELA 1. Distribuição das classes de declividade da sub-bacia do ribeirão Panquinhas, ES.

Declividade (%)	Discriminação	Área (km²)	%
0 – 3	Relevo Plano	4,55	1,62
3 – 8	Relevo Suave Ondulado	15,99	5,68
8 – 20	Relevo Ondulado	54,25	19,26
20 – 45	Relevo Forte Ondulado	128,83	45,75
45 – 75	Relevo Montanhoso	57,42	20,39
> 75	Relevo Escarpado	20,57	7,30

A Figura 3 apresenta a distribuição espacial das classes de declividade na sub-bacia em estudo, onde constatou-se uma declividade média de 35,8771%.

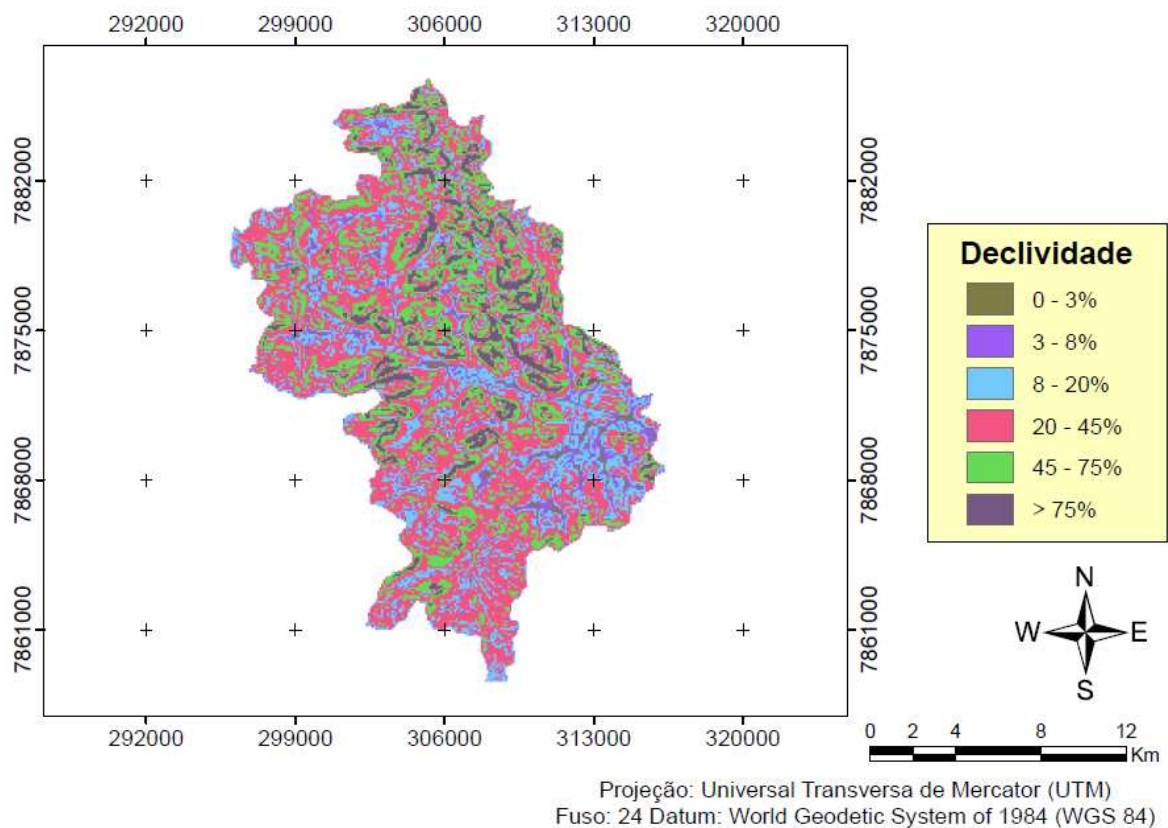


FIGURA 3. Distribuição espacial da declividade na sub-bacia do ribeirão Panquinhas, ES.

Fonte: Elaborado pelos autores.

É relevante salientar que as superfícies vertentes da sub-bacia do ribeirão Panquinhas, em virtude de sua elevada declividade, caracterizam-se como possíveis fontes potenciais de degradação do solo e dos cursos d'água da rede de drenagem. Desta maneira, sua cobertura vegetal deve ser adequadamente conservada. A remoção da cobertura vegetal nestas áreas poderá contribuir para o maior impacto da água da precipitação e da velocidade de seu escoamento na superfície, possibilitando a ocorrência de erosões, com conseqüente assoreamento dos cursos d'água, além de reduzir a quantidade de água que infiltra no solo e contribui para o abastecimento do lençol freático.

A hierarquização fluvial de uma bacia ou sub-bacia hidrográfica permite conhecer o grau de ramificação de seu sistema de drenagem. Desse modo, e obedecendo ao método de ordenamento fluvial proposto por Strahler, a sub-bacia do ribeirão Panquinhas é classificada como de ordem 3, apresentando oito canais de ordem primária, dois de ordem secundária e um de ordem terciária, indicando que seu sistema de drenagem é pouco ramificado, diante de sua extensa área.

A Figura 4 apresenta o ordenamento fluvial da sub-bacia do ribeirão Panquinhas, conforme metodologia de STRAHLER (1957).

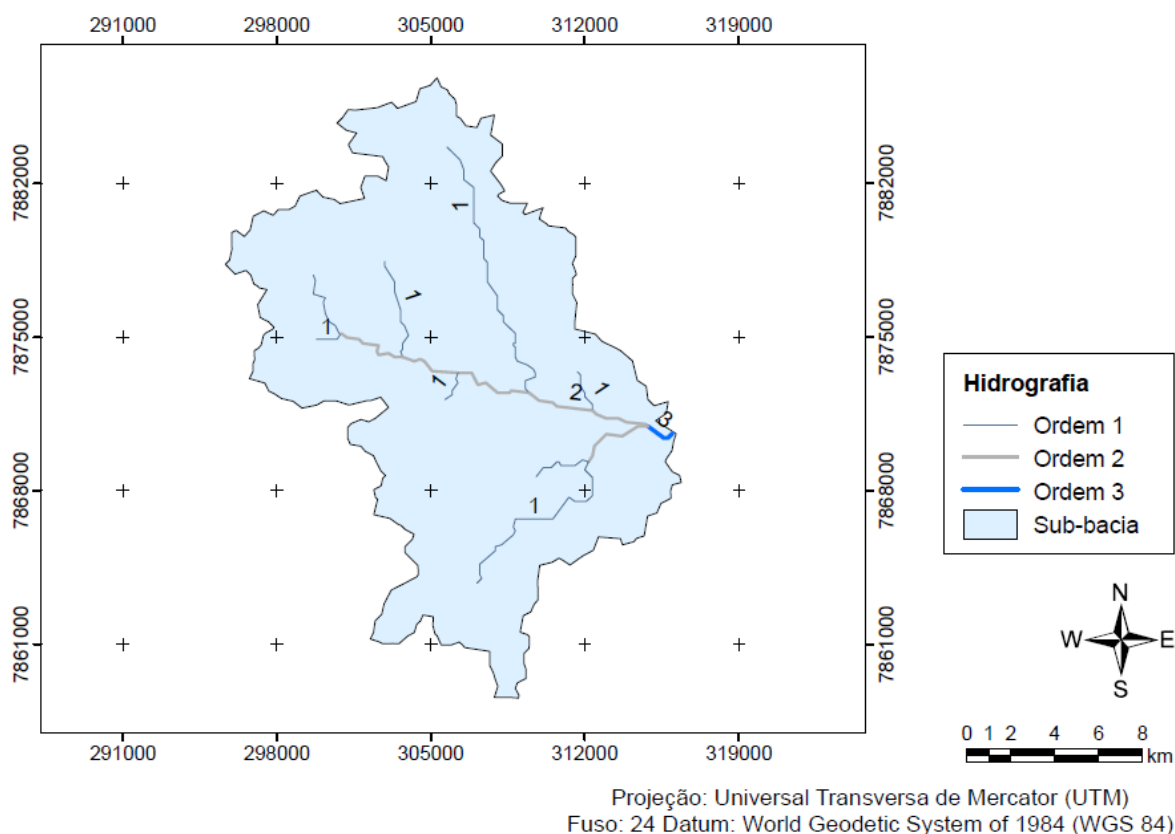


FIGURA 4. Ordenamento fluvial da sub-bacia do ribeirão Panquinhas – ES.
Fonte: Elaborado pelos autores.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos e analisados pode-se concluir que a sub-bacia apresenta formato irregular, sendo tal afirmação corroborada pelo coeficiente de compacidade, fator de forma e índice de circularidade, visto que todos apresentaram valor afastado da unidade.

A sub-bacia do ribeirão Panquinhas mostra-se pouco susceptível a enchentes em condições normais de precipitação, ou seja, desconsiderando-se eventos hidrológicos de intensidades anormais. No entanto, de acordo com VILLELA & MATTOS (1975), o sistema fluvial da sub-bacia apresenta baixa capacidade de drenagem (1,20 km/km²), o que pode comprometer a segurança contra enchentes na ocorrência de eventos hidrológicos adversos.

A baixa densidade de drenagem obtida denota ainda uma maior superfície de contribuição da sub-bacia em relação à sua quantidade de canais, sendo este um fator que contribui para a infiltração de água no solo, abastecimento do lençol freático e menor perda de água e solo, devido à baixa velocidade do escoamento superficial da água da precipitação.

A sub-bacia de estudo é de terceira ordem, indicando que seu sistema de drenagem é pouco ramificado, visto que possui extensa área.

O relevo forte ondulado se mostra predominante na sub-bacia do ribeirão Panquinhas, ocupando 128,83 km² ou 45,75% da área total da sub-bacia. A declividade média encontrada na sub-bacia foi de 35,8771%, indicando a necessidade de conservação da cobertura vegetal das superfícies vertentes, com o

intuito de impedir a degradação dos recursos naturais presentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. Edgard Blüncher, São Paulo – SP, 1980. 188 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2009. XXVI, 412p, ISBN 85-85864-04-4.

GARBRECHT, J.; MARTZ, L.W. Digital elevation model issues in water resources modeling. In: ESRI, USERS CONFERENCE, 19., 1999, San Diego. **Proceedings...** San Diego:1999. CD-ROM

MIRANDA, E. E. de.; (Coord.). Brasil em Relevo. Campinas – SP: **Embrapa Monitoramento por Satélite**, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>> Acesso em: 04 agosto 2012.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E.; DEL PRETTE, M. E. A utilização do conceito bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. In: SCHIAVETTI, A., CAMARGO, A. F. M. (Ed.). **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus, BA: Editus, 2002. p. 17-35.

STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **New Halen: Transactions, American Geophysical Union**, v. 38, p. 913-920, 1957.

TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. 1ª reimp. - Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2009. 943 p.

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