



## USO DE PLATAFORMA SIG NA CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PANCAS – BRASIL

Renan Gon FERREIRA\*, Márcia Cristina de Oliveira MOURA<sup>1</sup>, Fábio da Silveira CASTRO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal do Espírito Santo, Colatina, Espírito Santo, Brasil.

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

\*E-mail: [renan\\_gf@hotmail.com](mailto:renan_gf@hotmail.com)

Recebido em fevereiro/2015; Aceito em setembro/2015.

**RESUMO:** Este estudo visa caracterizar a morfometria da bacia hidrográfica do rio Pancas, Espírito Santo, utilizando-se dados de radar Shuttle Radar Topography Mission. A área e o perímetro da bacia estudada foram estimados em 1.172,7 km<sup>2</sup> e 238,6 km, respectivamente. A análise dos parâmetros de forma, sistema de drenagem e do relevo da bacia indicaram, respectivamente, baixa susceptibilidade a enchentes, baixa capacidade de drenagem, potencial de degradação por erosão do solo e má distribuição das precipitações. O uso dos dados orbitais conjugado às técnicas de geoprocessamento comprovou elevada eficiência no subsídio a ações de planejamento e gestão de recursos hídricos, sendo alternativa viável com redução de custos e tempo e reprodutibilidade científica na execução das tarefas envolvidas.

**Palavras-chave:** recursos hídricos, geoprocessamento, sistema de informação geográfica.

### *USE OF GIS PLATFORM IN THE MORPHOMETRIC CHARACTERIZATION OF THE PANCAS RIVER WATERSHED – BRAZIL*

**ABSTRACT:** This study aims to characterize the morphometry of Pancas river watershed, Espírito Santo, using Shuttle Radar Topography Mission data. The area and perimeter of the basin were estimated at 1,172.7 km<sup>2</sup> and 238.6 km, respectively. The analysis of the shape parameters, drainage system and relief of the basin indicated, respectively, low susceptibility to flooding, low drainage capacity, degradation potential by soil erosion and poor distribution of rainfall. The use of the orbitals data in conjunction with geoprocessing techniques demonstrated high efficiency in subsidy to actions of planning and management of water resources, being viable alternative with reduce of costs and time and scientific reproducibility in execution of the tasks involved.

**Key words:** watershed, water resources, geoprocessing, geographic information system.

#### 1. INTRODUÇÃO

As características físicas e bióticas de uma bacia hidrográfica exercem importante papel nos processos do ciclo hidrológico influenciando, dentre outros, a infiltração, a quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração e o escoamento superficial e subsuperficial (TONELLO et al., 2006). Assim, foi estabelecido no Brasil, por intermédio da Lei Federal nº 9.433/97, que a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) (SILVA et al., 2008). A análise morfométrica descreve parâmetros morfológicos e seus processos, no intuito de diagnosticar mudanças, com ou sem interferências antropogênicas. Trata-se de medidas que subsidiam a análise de fenômenos geológicos, sujeitos a variações significativas para a compreensão das mudanças ambientais antrópicas (PISSARRA et al., 2010).

Por isso, conhecer as características morfométricas de uma bacia hidrográfica é imprescindível à conservação de seus recursos hídricos, pois possibilita a compreensão do comportamento hidrológico que a mesma apresenta e que futuramente poderá vir a apresentar, o que permite o acompanhamento das interferências nos processos do ciclo hidrológico e as respectivas respostas da natureza (FERREIRA et al., 2012.)

Vale destacar ainda que a obtenção das características físicas de uma bacia é indispensável à execução de atividades e estudos hidrológicos secundários, como a caracterização de regiões hidrológicamente homogêneas e a regionalização hidrológica. A regionalização hidrológica consiste em um processo de transferência de informações hidrológicas, oriundas de estações hidrométricas, para outros locais desprovidos de observação (FILL, 1987). Assim definida, esta técnica é crucial ao suprimento da deficiência que acomete a rede hidrométrica brasileira.

Baena (2002) ressalta que os estudos de regionalização hidrológica requerem as características físicas da bacia, bem como as climáticas, que mais interferem na distribuição espacial da vazão e que sejam facilmente mensuráveis. Dentre as características físicas empregadas na regionalização hidrológica está a área da bacia, a densidade de drenagem e o comprimento do curso d'água principal. Além destas, está o tempo de concentração e a altitude média da bacia.

Atualmente, a caracterização morfométrica de bacias hidrográficas é feita com a integração de informações de relevo em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG). Este procedimento pode ser realizado de modo manual ou automático (CARDOSO et al., 2006).

As informações de relevo são representadas por uma estrutura numérica de dados correspondente à distribuição espacial da altitude e da superfície do terreno, denominada Modelo Digital de Elevação (MDE). Esses modelos são obtidos, hoje, por meio da interpolação de curvas de nível extraídas de uma carta topográfica ou através de imagens de sensores remotos (OLIVEIRA et al., 2010). Valeriano et al. (2006), consideram a utilização de MDE em SIG vantajosa, destacando os recursos digitais (velocidade, reprodutibilidade e integração com outras bases de dados), a redução de intervenções manuais e, portanto, subjetividade e a possibilidade de representação paramétrica.

Com o advento e aperfeiçoamento das ferramentas e softwares de SIG, tornou-se possível o condicionamento de um MDE à sua hidrografia, capacitando o mesmo de simular o comportamento real do escoamento superficial, e tornando assim, o caminho preferencial do escoamento da água superficial digital consistente com o real.

Portanto, o processamento de Modelos Digitais de Elevação Hidrograficamente Condicionados (MDEHC) em SIG é fundamental à obtenção automática das características físicas das bacias de drenagem (ELESBON et al., 2011). Neste sentido, Colombo et al. (2007) afirmam que a extração de características morfométricas a partir de MDEHC, gerados por meio de dados orbitais, tem recebido atenção considerável e é reconhecida como uma alternativa viável aos tratamentos tradicionais e à avaliação manual dos mapas topográficos, uma vez que as bacias reduzem o tempo necessário para a geração de planos de informações para modelos hidrológicos.

Elesbon et al. (2011) consideraram a facilidade, a eficiência e a reprodutibilidade dos dados de elevação e drenagem a partir do MDEHC oriundo dos dados SRTM, as maiores contribuições de seu estudo de caracterização morfométrica de bacia hidrográfica. Tal estudo permitiu constatar uma melhoria nos resultados quando comparados com os obtidos em trabalhos anteriores, o que se deveu ao uso dos dados SRTM e ao emprego de procedimento totalmente automático.

Santos et al. (2006) constataram que o MDE obtido a partir de dados SRTM apresentou melhores resultados altimétricos quando comparados com o MDE oriundo de cartas topográficas (escala 1:100.000).

Dessa maneira, diversas pesquisas vêm sendo realizadas com o objetivo de analisar, comparar, e ou atualizar informações de superfície terrestre por meio de

dados SRTM (VALERIANO et al., 2006; RENOÓ et al., 2008; ALCARAZ et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2010; ELESBON et al., 2011; FERREIRA et al., 2012).

O presente estudo tem como objetivo a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Pancas, por meio de dados SRTM e plataforma SIG, visando fornecer informações favoráveis ao gerenciamento e planejamento de seus recursos hídricos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

A área contemplada no presente estudo é a bacia hidrográfica do rio Pancas, que possui área de aproximadamente 1.172,7 km<sup>2</sup> e abrange os municípios de Pancas, Colatina, Marilândia e uma pequena porção do município de Baixo Guandu, localizados na região noroeste do Estado do Espírito Santo (Figura 1).

### 2.2. Processamento dos dados SRTM

Visando a determinação de parâmetros relacionados à hidrologia e que serviriam de base ao desenvolvimento do trabalho, como direção de fluxo, escoamento acumulado, ordem de cursos d'água e a delimitação da bacia de estudo, foram adquiridos dados SRTM que disponibilizaram as altitudes da bacia por meio de MDE.

De posse dos dados SRTM, foi necessária uma sucessão de processamentos computacionais que condicionassem o MDE da bacia à sua hidrografia. Assim, a partir do MDE disponibilizado pelos dados SRTM, foi gerado o MDEHC que, por sua vez, permitiu a delimitação da bacia estudada.

Visando o tratamento dos dados SRTM, a etapa inicial consistiu no preenchimento das depressões espúrias do MDE, seguida da determinação da direção de fluxo e do escoamento acumulado, respectivamente. Executaram-se estes procedimentos por meio das ferramentas do software de SIG ArcGIS 10.2/ ArcMap® desenvolvido pela Environmental Systems Research Institute (ESRI).

Então, após a determinação do fluxo acumulado, foi gerada a drenagem numérica da bacia (ramificação da rede de drenagem) através de um acúmulo de 100 células, que têm como objetivo representar a superfície de contribuição.

### 2.3. Obtenção do MDEHC

Neste momento, sendo necessário à delimitação e determinação das características morfométricas da bacia de estudo foi realizada a geração do MDEHC.

A obtenção do MDEHC consiste no produto de uma série de procedimentos computacionais que condicionam gradativamente um MDE à sua hidrografia, de modo a permitir que o mesmo simule o comportamento real do escoamento da água superficial.

O software de SIG utilizado para obtenção do MDEHC foi o ArcGIS 10.2/ ArcMap®. A etapa inicial à geração do MDEHC da bacia de estudo, consistiu no afinamento da hidrografia numérica que se obteve anteriormente, com o intuito de favorecer o software no reconhecimento do caminho preferencial para o escoamento superficial.

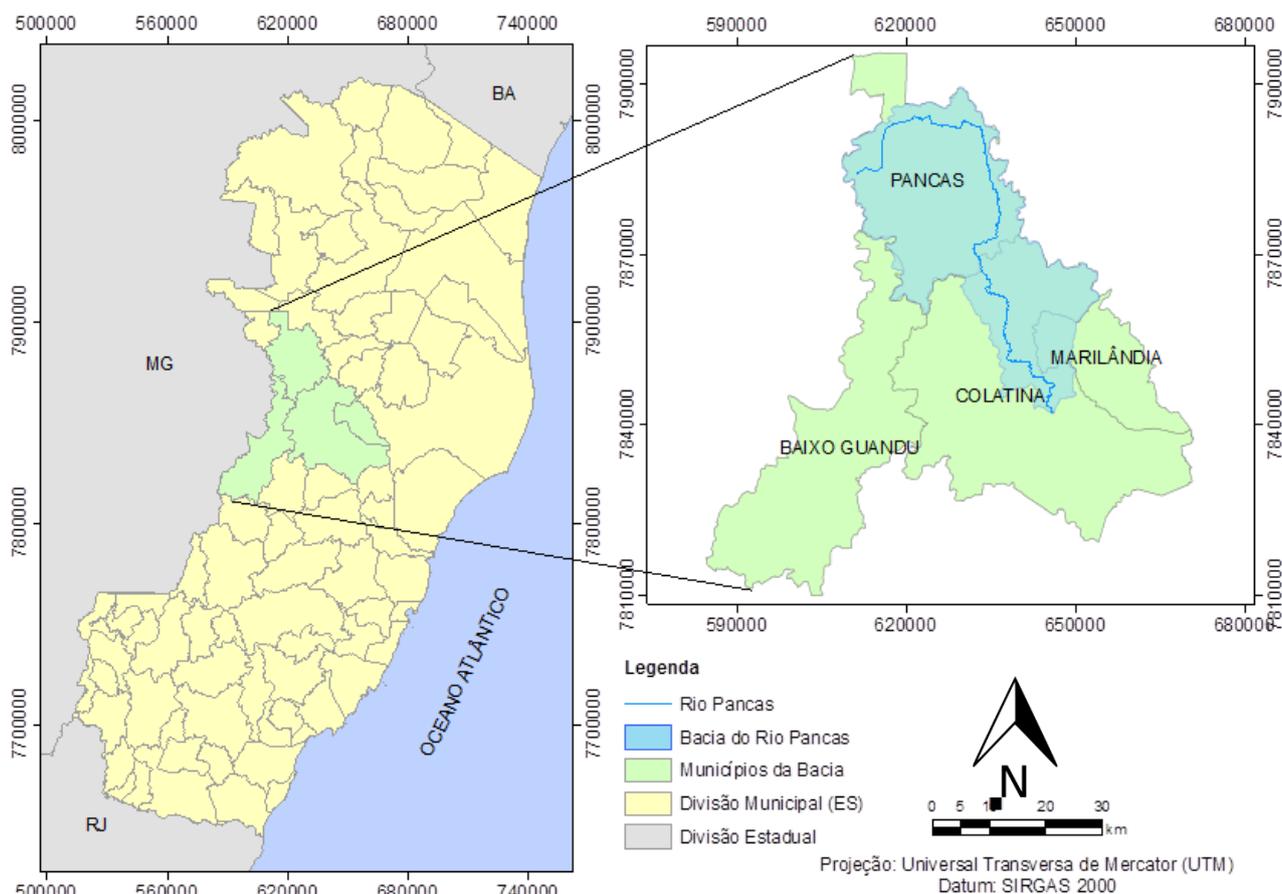


Figura 1. Divisão política do Estado (ES) e localização da bacia hidrográfica do rio Pancas.

Decorrida a afinação da hidrografia, automaticamente é perdida uma parte dos pixels que antes representavam cursos de água. Desse modo, com a área de cursos de água tendo sido reduzida, a próxima etapa consistiu no aprofundamento da calha, a fim de tornar o MDE bastante propenso a conduzir o escoamento superficial até as novas calhas afinadas da rede de drenagem.

Após o aprofundamento da hidrografia no MDE, foi processado novamente o preenchimento de depressões espúrias, bem como a determinação de nova direção de fluxo e escoamento acumulado, de modo a garantir que o MDE não possui qualquer depressão espúria podendo, finalmente, ser considerado hidrograficamente condicionado.

#### 2.4. Parâmetros morfométricos

Por intermédio do software de SIG ArcGIS 10.2/ArcMap® e do MDEHC gerado foi possível mensurar a área e perímetro da bacia de estudo, além dos parâmetros físicos básicos e essenciais à determinação de suas características morfométricas, sendo tais parâmetros definidos a partir da execução da delimitação automática da bacia. Além destes, foram determinados automaticamente em ambiente de SIG, variáveis físicas diversas relacionadas à rede de drenagem e ao relevo. Diversos pesquisadores vêm utilizando esses parâmetros com o intuito de compreender fenômenos naturais e antrópicos (LANA et al., 2001; SANTOS; SOBREIRA, 2008; LIMA NETO et al., 2008).

Com vistas a assegurar elevada precisão na delimitação da bacia do rio Pancas e, dessa forma, estimar

as variáveis físicas de forma consistente, este procedimento foi acompanhado de uma verificação dos limites topográficos da bacia de estudo, a partir de uma Ortofotomosaico 2007/2008, disponibilizada pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo (IEMA).

Esta Ortofotomosaico é um produto cartográfico digital na escala 1:15.000, de resolução espacial de 1 metro, elaborado a partir de um Levantamento Aerofotogramétrico na escala 1:35.000 realizado em junho de 2008.

No presente trabalho, foram avaliados os seguintes parâmetros: área de drenagem (A) e perímetro da bacia (P), coeficiente de compacidade ( $K_c$ ), fator de forma (F), ordem dos cursos d'água (STRAHLER, 1957), densidade de drenagem (Dd), coeficiente de manutenção (Cm), comprimento do canal principal, comprimento total de todos os canais, declividade média da bacia e coeficiente de rugosidade (RN).

Foi avaliada ainda, a declividade do rio principal obtida por quatro metodologias distintas (S1 – baseada na diferença de nível entre a nascente e foz; S2 – baseada no critério de equivalência de áreas; S3 – baseada na velocidade de deslocamento da água ao longo do perfil longitudinal do curso d'água; e, S4 – baseada na consideração do trecho intermediário do curso d'água, correspondente a 75% do seu comprimento).

O fator de forma (Equação 1) relaciona a forma da bacia com um retângulo através da razão entre sua largura média e comprimento axial. O coeficiente de compacidade (Equação 2) corresponde à relação entre o

perímetro da bacia e o perímetro da circunferência de um círculo de área igual a da bacia.

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

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

Em que: F = Fator de forma, adimensional; A = Área de drenagem, m<sup>2</sup>; L = Comprimento axial, m; Kc = Coeficiente de compacidade, adimensional; P = Perímetro da bacia, m.

A densidade de drenagem da bacia (Equação 3) relaciona o comprimento total de todos os canais presentes na bacia (perenes, intermitentes e efêmeros) com sua área de drenagem. O coeficiente de manutenção (Equação 4) consiste no inverso da densidade de drenagem. O coeficiente de rugosidade (Equação 5) corresponde ao produto entre a densidade de drenagem e a declividade média da bacia.

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

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

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

Em que: Dd = Densidade de drenagem, km km<sup>-2</sup>; Lt – Comprimento total de todos os canais, km; A = Área de drenagem, km<sup>2</sup>; Cm – Coeficiente de manutenção, m<sup>2</sup> m<sup>-1</sup>; Dd – Densidade de drenagem, km km<sup>-2</sup>; RN – Coeficiente de rugosidade, adimensional; Hdm – Declividade média, m m<sup>-1</sup>.

O MDEHC foi utilizado como dado de entrada à geração dos mapas de declividade e altitudes. 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), conforme Tabela 1. A declividade do terreno da bacia hidrográfica do rio Pancas foi determinada através do processamento dos módulos: “ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Surface Analysis > Slope” e “ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Reclassify”.

Tabela 1. Classificação da declividade conforme Embrapa (2009).

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

O ordenamento dos cursos d’água foi realizado considerando os critérios estabelecidos por Strahler (1957), através do processamento dos módulos “ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Hydrology >

Stream Link” e “ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Hydrology > Stream Order”, respectivamente. Assim, foi obtida a rede hidrográfica hierarquizada em imagem matricial. Portanto, para facilitar a visualização e possibilitar a rotulação de cada afluente da rede de drenagem, optou-se por transformar a hidrografia matricial em vetorial de linhas, melhor representando a hidrografia, o que demandou o processamento do módulo “ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Hydrology > Stream Feature”.

A obtenção da declividade do rio principal foi possibilitada por meio da determinação do seu perfil longitudinal, que se deu através do emprego de comando especializado do software de SIG ArcGIS 10.2/ ArcMap® que permitiu a geração do canal principal com cotas interpoladas do MDEHC. Para tal determinação foi necessário o processamento do módulo “3D Analyst > Convert > Features to 3D...”, onde se definiu como fonte das cotas o MDEHC.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O fator de forma e o coeficiente de compacidade obtidos se apresentam afastados da unidade, o que denuncia formato alongado da bacia de estudo, indicando que a mesma possui baixa susceptibilidade à ocorrência de enchentes em condições normais de precipitação.

A densidade de drenagem encontrada para a bacia de estudo, indicou baixa capacidade de drenagem quando comparada com os limites estabelecidos por Christofolletti (1974), que considera mal drenadas as bacias que possuem valor de densidade de drenagem até 7,5 km km<sup>-2</sup>, medianamente drenadas as que possuem valor entre 7,5 e 10 km km<sup>-2</sup> e bem drenadas as que possuem valor igual ou superior a 10 km km<sup>-2</sup>.

As características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Pancas estão apresentadas na Tabela 2. Em estudo realizado em Faxinal, PR, Sordi et al. (2012) constataram baixa propensão a inundações em bacia hidrográfica cuja forma é alongada, características também observadas no presente estudo, evidenciadas pelo baixo fator de forma (0,32) e elevado coeficiente de compacidade (1,95) obtidos para a bacia do Rio Pancas. Cardoso et al. (2006) apontam que em bacias com forma circular, há maiores possibilidades de chuvas intensas ocorrerem simultaneamente em toda a sua extensão, concentrando grande volume de água no tributário principal.

O sistema fluvial da bacia do rio Pancas exibe uma densidade de drenagem associada a um elevado grau de infiltração de água no solo, favorecendo o abastecimento dos lençóis freáticos presentes na bacia de estudo. Segundo Pissarra et al., (2004), esta correlação de densidade de drenagem e infiltração de água no solo é sustentada pelo fato de que área com elevada capacidade de infiltração, reflete em menor escoamento superficial, impedindo a formação de canais naturais ou cursos de água. Assim, origina-se um padrão de drenagem caracterizado como de baixa densidade de drenagem.

As maiores altitudes encontradas na bacia em estudo decorrem da existência de afloramentos rochosos na região abrangida. Estes afloramentos são denominados Pontões Capixabas, situados nos municípios de Pancas e Águia Branca e constituem Unidades de Conservação, devendo ter seus recursos naturais devidamente

protegidos, visto que a degradação dos mesmos colocariam em risco a fauna e flora de seus ecossistemas.

Tabela 2. Características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Pancas.

Característica Física	Resultados	
Área de drenagem (km <sup>2</sup> )	1.172,70	
Perímetro (km)	238,60	
Comprimento axial da bacia (km)	60,80	
Coefficiente de compactidade (Kc)	1,95	
Fator de forma (F)	0,32	
Declividade média (%)	28,60	
Altitude máxima (m)	885,00	
Altitude média (m)	271,60	
Altitude mínima (m)	21,00	
Coefficiente de rugosidade (RN)	21,20	
Comprimento total (hidrografia) (km)	863,80	
Comprimento do rio principal (km)	141,90	
Densidade de drenagem (km km <sup>-2</sup> )	0,74	
Coefficiente de manutenção (m <sup>2</sup> m <sup>-1</sup> )	1.351,40	
Ordem	4	
Declividade do rio principal (m m <sup>-1</sup> )	S1	0,0052
	S2	0,0012
	S3	0,0007
	S4	0,0034

Segundo Castro Jr. (2001), em altitude elevadas, a temperatura é baixa e, por isso, pouca quantidade de energia é utilizada para evaporação de água, ao passo que em altitudes baixas toda a energia absorvida é utilizada para evaporação da água. Sendo assim, os afloramentos rochosos e as maiores altitudes da bacia de estudo favorecem uma condição de pouca perda de água, em termos de evaporação na região.

O coeficiente de rugosidade (21,20) obtido para a bacia de estudo aponta que o solo da mesma caracteriza-se por se apresentar mais favorável, ou apto, ao uso potencial de agricultura. Para Pissarra et al. (2004): RN < 23 (classe A) denota solo apropriado a agricultura); RN entre 23 e 43 (classe B) denota solo apropriado a pastagens/pecuária; RN entre 44 e 63 (classe C) denota solo apropriado a pastagem/reflorestamento; e, RN > 63 (classe D) denota solo apropriado a reflorestamento.

Este coeficiente aponta ainda, que é baixo o risco de degradação da bacia de estudo, visto que, Campos (1997) em estudo comparativo de valores de RN, determinou classes de risco de degradação que resultaram no uso potencial da terra para agricultura, pecuária ou reflorestamento e observou que, quanto maior RN, então maior tende a ser o risco de degradação na bacia.

Além dos resultados obtidos para altitudes, a bacia do rio Pancas apresenta condição de risco de degradação também pelo fator declividade, o que demanda para sua conservação, neste caso, primordialmente a manutenção da cobertura vegetal em suas encostas.

A Figura 2 apresenta a distribuição espacial das classes de declividades da bacia hidrográfica do rio Pancas. De acordo com os métodos de classificação de

declividades propostos pela EMBRAPA (2009), o relevo forte ondulado é predominante em relação às outras classes na bacia do rio Pancas.

De acordo com Pruski (2011) a declividade média da bacia influencia a velocidade de escoamento da água sobre o solo e interfere na capacidade de armazenamento deste. Quanto mais declivosa uma bacia, menor sua capacidade de armazenamento superficial e maior sua susceptibilidade à ocorrência de erosões. A bacia do rio Pancas apresentou um maior número de canais de ordem primária e configura-se como de quarta ordem (Figura 3), considerando-se os critérios de ordenamento propostos por Strahler (1957). Esta ordem indica que o sistema fluvial da bacia é pouco eficiente, considerando-se que quanto mais ramificado é o sistema fluvial, mais eficiente é a rede de drenagem da bacia.

O coeficiente de manutenção obtido para a bacia de estudo denota que para a manutenção e desenvolvimento de um metro de canal de escoamento na bacia é exigido, no mínimo, 1.351,4 m<sup>2</sup> de área de superfície de contribuição. Para Hott; Furtado (2005), declividades acentuadas são favoráveis à formação de canais em uma bacia, no entanto, o aspecto área, no caso da bacia de estudo, foi determinante para o grau de ramificação da rede de drenagem, devido à mesma ser de grande extensão.

Dentre as declividades do rio principal obtidas neste trabalho, o modelo que melhor representa é o S3, pois considera o tempo de percurso da água ao longo da extensão do perfil longitudinal.

A declividade estimada pela declividade S3 foi calculada dividindo-se a extensão do rio principal em diversos trechos retilíneos, obtendo-se o valor de 0,0007 m m<sup>-1</sup>.

#### 4. CONCLUSÕES

A bacia do rio Pancas possui formato alongado e indica baixa susceptibilidade à ocorrência de enchentes. Possui baixo grau de ramificação e capacidade de gerar novos cursos d'água, condição evidenciada pela sua ordem fluvial e densidade de drenagem, bem como pelo seu coeficiente de manutenção. O relevo é forte ondulado, o que chama a atenção à necessidade de manutenção da cobertura vegetal de suas encostas.

O emprego de técnicas de geoprocessamento em ambiente de SIG foi eficaz para se conhecer os riscos oriundos do comportamento hidrológico em função da morfometria da bacia hidrográfica, apresentando-se favorável às ações de planejamento e gerenciamento de recursos hídricos.

O uso do SIG sobre os dados SRTM, diante dos procedimentos empregados, permitiu a caracterização morfométrica de maneira fácil, simples e rápida; a metodologia apresentou-se viável à economia de tempo e de recursos, além de comprovar que sua execução é prática e cientificamente reprodutível.

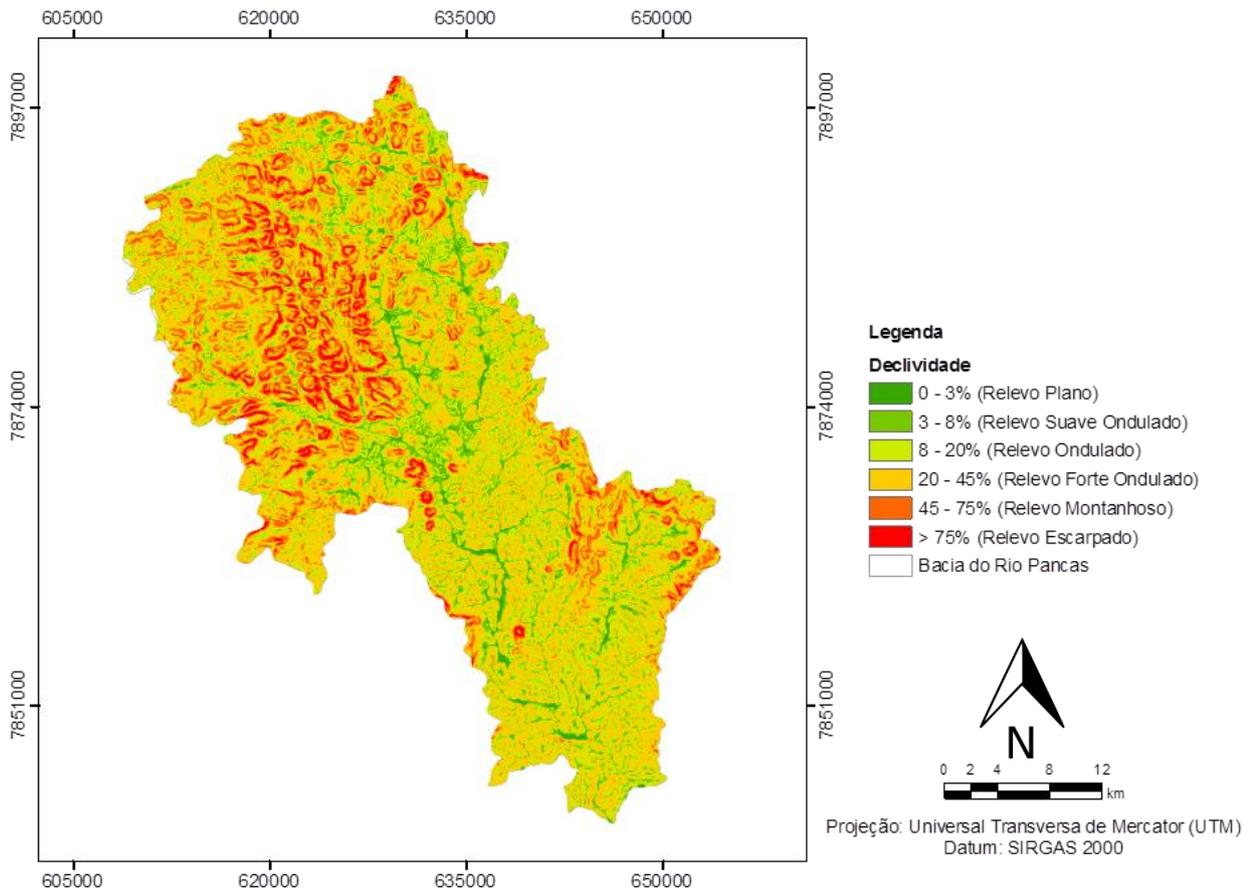


Figura 2. Distribuição espacial das classes de declividade na bacia hidrográfica do rio Pancas.

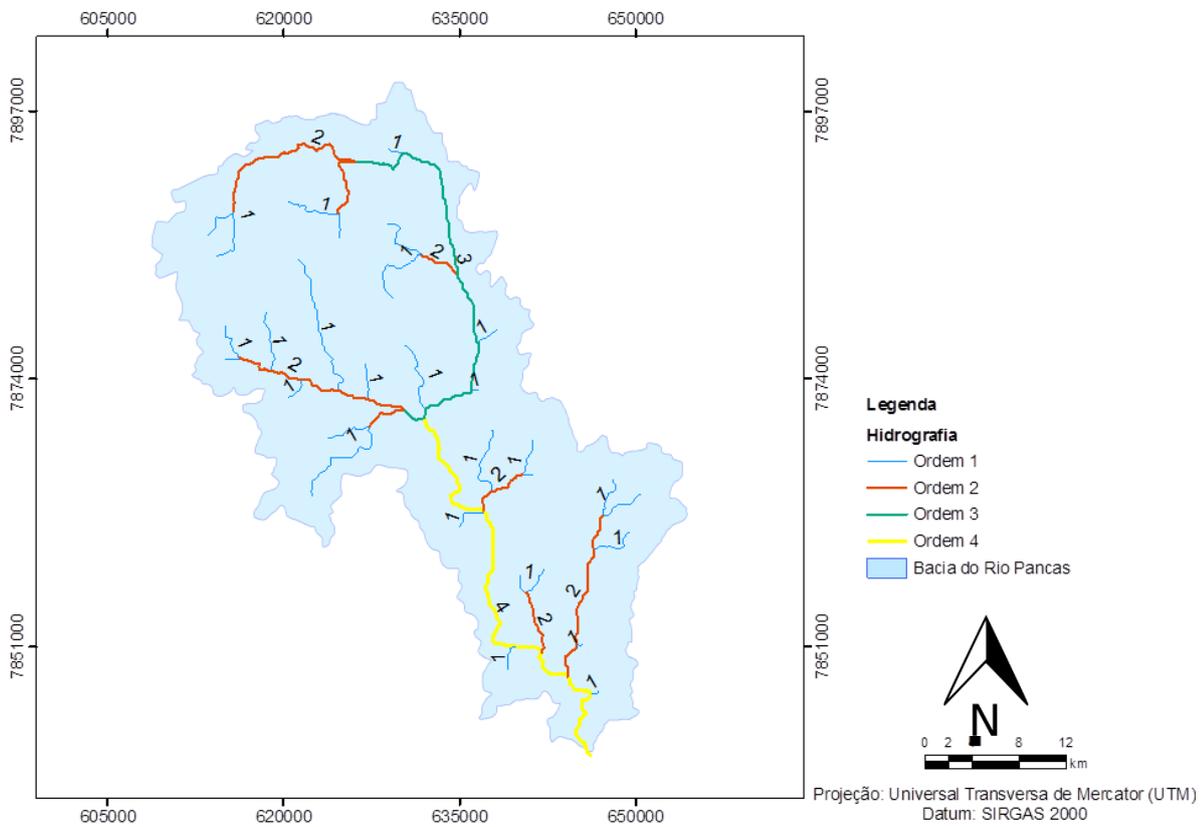


Figura 3. Hierarquização dos cursos d'água da bacia hidrográfica do rio Pancas.

## 5. REFERÊNCIAS

- ALCARAZ, S. A. et al. Comparison of methodologies for automatic generation of limits and drainage networks for hydrographic basins. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.14, p.369-375, jul/ago. 2009.
- BAENA, L. G. N. **Regionalização de vazões para a bacia do rio Paraíba do Sul, a montante de Volta Redonda, a partir de modelo digital de elevação hidrologicamente consistente**. 2002. 135f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Ambientais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.
- CAMPOS, S. **Diagnóstico físico-conservacionista da Bacia do Rio Lavapés-Botucatu (SP)**. 1997. 140f. Tese (livre-Docência) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 1997.
- 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.
- CASTRO JR., E. **O papel da fauna endopedônica na estruturação física dos solos e o seu significado para a hidrologia de superfície**. 2001. 150f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1974. 188p.
- COLOMBO, R. et al. Deriving river networks and catchments at the European. **Catena**, Amsterdam, v.70, n.3, p.296-305, jul./set. 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-CNPq, 2009. 412p.
- FERREIRA, R. G. et al. Caracterização morfométrica da sub-bacia do Ribeirão Panquinhas, ES. **Enciclopédia Biosfera**, Rio Verde, v.8, n.15, p.2247-2256, out. 2012.
- FILL, H.H. Informações hidrológicas. In: BARTH, F.T. et al. **Modelos para gerenciamento de recursos hídricos**. São Paulo: Nobel/ABRH, 1987. p.95-210.
- HOTT, M. C.; FURTADO, A. L. S. **Metodologia para a determinação automática de parâmetros morfométricos de bacias hidrográficas**. Campinas: Embrapa, 2005. 25p. (Documentos, 43).
- LANA, C. E. et al. Análise morfométrica da bacia do rio do Tanque, MG - Brasil. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v.54, n.2, p.121-126, abr./jun. 2001.
- LIMA NETO, R. T. et al. Análise morfométrica e ambiental da microbacia hidrográfica do rio Granjeiro, Crato/CE. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v.61, n.3, p. 365-369, jul./set. 2008.
- OLIVEIRA, P. T. S. et al. Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.8, p.819-825, ago. 2010.
- PISSARRA, T. C. T. et al. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.2, p.297-305, mar./abr. 2004.
- PISSARRA, T. C. T. et al. Morfometria de microbacias do Córrego Rico, afluente do Rio Mogi-Guaçu, Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.4, p.669-676, jul./ago. 2010.
- PRUSKI, F. F. **Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. 2.ed. Viçosa: UFV, 2011. 240p.
- SANTOS, C. A.; SOBREIRA, F. G. Análise morfométrica como subsídio ao zoneamento territorial: o caso das bacias do Córrego Carioca, Córrego do Bação e Ribeirão Carioca na região do Alto Rio das Velhas-MG. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v.61, n.1, p.77-85, jan./mar. 2008.
- SANTOS, P. R. A. et al. Avaliação da precisão vertical dos modelos SRTM para a Amazônia. **Revista Brasileira de Cartografia**, Goiânia, v.58, n.1, p.101-107, abr. 2006.
- SILVA, N. S. et al. Sistema de otto-codificação modificado para endereçamento de redes hidrográficas. **Revista Árvore**, v.32, n.5, p.891-897, out./nov. 2008.
- SORDI, M. V. et al. Análise morfométrica do Ribeirão Laçador - Faxinal - Paraná. **Revista Geonorte**, Manaus, v.2, n.4, p.150-160, dez. 2012.
- STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transaction of American Geophysical Union**, Washington, v.38, n.6, p.913-920, ago. 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, out./dez. 2006.
- VALERIANO, M. M. et al. Modeling small watersheds in Brazilian Amazônia with SRTM-90m data. **Computers & Geosciences**, New York, v.32, n.8, p.1169-1181, out. 2006.