

ANÁLISE DA COBERTURA DO SOLO E MORFOMETRIA DA BACIA DO RIO CATOLÉ, MUNICÍPIO DE BONITO DE MINAS – MG

RODRIGO NOGUEIRA MARTINS¹, WYLLIAN CALDEIRA CORTE², VIKTOR KAYRO SOUZA SANTOS³, CLÁUDIO GOMES DA SILVA⁴, DANILO PEREIRA RIBEIRO⁵

1, 2, 3, 4 Acadêmicos de Engenharia Agrícola e Ambiental – IFNMG/Januária. Email: rodrigonmartins@hotmail.com, willyncaldeira@ymail.com, viktorpel@hotmail.com, claudio.gomess@yahoo.com.br.
5 Doutor em Recursos Hídricos e Ambientais. Docente do IFNMG, Campus Januária. Email: danilo.ribeiro@ifnmg.edu.br

Apresentado no
XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2016
24 a 28 de julho de 2016 - Florianópolis - SC, Brasil

RESUMO: As bacias hidrográficas têm fundamental importância na paisagem, visto que atuam como modeladoras do ambiente. Atualmente as mudanças na cobertura do solo, provocadas pelas ações antrópicas, têm gerado grandes impactos nas paisagens. Diante disto, o presente trabalho objetivou analisar a atual situação da cobertura do solo bem como as características morfométricas na Bacia do Rio Catolé - Município de Bonito de Minas – MG. O mapa de cobertura do solo foi elaborado a partir de dados do Landsat 8 - OLI com uso do software Spring, versão 5.3. A bacia teve sua área classificada em oito diferentes classes: Floresta estacional decidual, Cerrado, Cerrado em regeneração, afloramento rochoso, silvicultura, solo exposto, agricultura e água e sombra. A partir do processamento de dados da missão Shuttle Radar Terrain Mission (SRTM) foi gerado com o uso do software ArcMap, versão 10.2, o Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC). Usando o MDEHC foram obtidos diversos parâmetros morfométricos como: a área de drenagem (707,45km²), perímetro (150,13km), coeficiente de compactidade (1,58), fator de forma (0,29) densidade de drenagem (0,31) e índice de sinuosidade (0,93), os quais demonstram que a bacia do Rio Catolé apresenta baixa susceptibilidade a picos de enchentes em eventos normais de precipitação.

PALAVRAS-CHAVE: Bacia hidrográfica, SRTM e Landsat 8

ANALYSIS OF THE LAND COVER AND MORPHOMETRY IN THE CATOLÉ RIVER BASIN, MUNICIPALITY OF BONITO DE MINAS – MG

ABSTRACT: Hydrographic basins represent fundamental importance in the landscape, as it acts as an environmental modeler. Nowadays, the change in the land cover, caused by human activities has generated big impacts on landscapes. Given this, the present study aimed at analyzing the current situation of the land cover as well as the morphometric characteristics in the Catolé River Basin – Municipality of Bonito de Minas – MG. The land cover map was developed from the Landsat 8 – OLI data using the software SPRING, version 5.3. The basin had its area classified into eight different classes, such as: Deciduous Forest, Cerrado, Cerrado

in regeneration, Rocky outcrop, Silviculture, Exposed soil, Agriculture and water and shade. Furthermore, from the data processing of the Shuttle Radar Terrain Mission (SRTM), it was developed using the software ArcMap, version 10.2, the Hydrologically Consistent Digital Elevation Model (HCDEM). Moreover, using the HCDEM were obtained several morphometric parameters, such as: drainage area (707.45km²), perimeter (150,13km), compacity coefficient (1.58), form factor (0.29), drainage density (0.31) and the tortuosity index (0.93), which demonstrates that the Catolé River basin has a low susceptibility to flood peaks in normal precipitation events.

KEYWORDS: Hydrographic basin, SRTM and Landsat 8

INTRODUÇÃO: A bacia hidrográfica define-se como uma área geograficamente drenada por um curso d'água ou por um sistema conectado de cursos d'água, de modo que toda a água seja convergida para uma única saída denominada exutório. As bacias integram uma visão conjunta do comportamento das condições naturais, das ações antrópicas e das mudanças nelas desenvolvidas (GUERRA & CUNHA, 2003). Neste sentido, o conhecimento das características morfométricas de uma bacia hidrográfica torna-se imprescindível para a conservação dos recursos hídricos, possibilitando a compreensão do comportamento hidrológico e o acompanhamento das interferências nos processos do ciclo hidrológico e as respectivas respostas da natureza (CARELLI & LOPES, 2011; FERREIRA *et al.*, 2012). Para isso, tem sido comum a utilização de informações de relevo em formas digitais de representação do relevo, como o Modelo Digital de Elevação (MDE) e sua extensão, o Modelo de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC), os quais possibilitaram o desenvolvimento de métodos automatizados buscando agilidade e alto grau de confiabilidade no mapeamento e caracterização do relevo. Outro fator relevante no estudo das bacias hidrográficas é o uso e cobertura do solo, o qual se constitui numa das variáveis determinantes na transformação ambiental, visto que a manutenção ou retirada da vegetação natural tem significativas implicações sobre a qualidade do solo, da água e das condições de vida da sociedade que pertencem a este ecossistema (SILVA, 2006). Segundo SILVA & FRANÇA (2013) o monitoramento ambiental, por meio do acompanhamento da dinâmica do uso e cobertura do solo, possibilita a atuação racional do homem sobre o ambiente. Desta forma, os efeitos prejudiciais ao meio físico diminuem, uma vez que o acompanhamento desta dinâmica permite diagnosticar as mudanças ocorridas no espaço. Atualmente, a utilização dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) em conjunto com as técnicas e produtos de sensoriamento remoto tem possibilitado agregar informações espaciais e não espaciais, de natureza e formas diversas em uma única base de dados, possibilitando a derivação de novas informações e a identificação de alterações sofridas por atividades antrópicas no ambiente (PIROLI *et al.*, 2002; CÂMARA, 1993; BURROUCH, 1995). Diante do exposto, o presente trabalho objetivou analisar a atual situação da cobertura do solo bem como as características morfométricas na Bacia do Rio Catolé - Município de Bonito de Minas – MG.

MATERIAL E MÉTODOS: A bacia hidrográfica do rio Catolé está inserida na porção inferior do médio São Francisco dentro das delimitações do município de Bonito de Minas, região Norte do Estado de Minas Gerais – Brasil. A bacia apresenta uma área de 70.077,47 hectares e compreende-se entre as coordenadas geográficas 14°57' a 15°26' de latitude Sul e 44°35' a 44°59' de longitude Oeste (Figura 1).

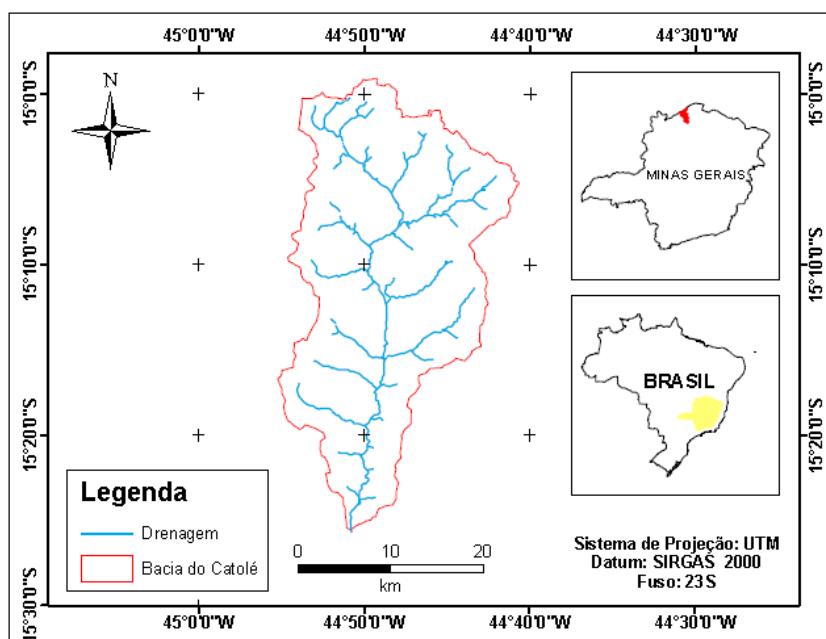


FIGURA 1 – Localização e delimitação da bacia do rio Catolé - MG.

Para elaboração do mapa de uso e cobertura do solo foram utilizadas cenas do sensor OLI, obtidas por meio de passagens periódicas do satélite Landsat 8, órbitas/pontos 219/070 e 219/071 datadas de 03/06/2015, disponíveis gratuitamente no sítio (www.inpe.com.br) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. A imagem foi georreferenciada no sistema de projeção de coordenadas *Universal Transverse of Mercator* (UTM), Datum SIRGAS 2000, Zona 23 Sul. Na identificação dos alvos espectrais optou-se por utilizar a composição colorida falsa-cor RGB das bandas 5, 4 e 3. As informações de uso e cobertura da terra foram extraídas por meio do classificador MAXVER, o qual considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes por meio da utilização de parâmetros estatísticos, disponível no software Spring, versão 5.3. Foram definidas 8 classes de interesse: Cerrado, Cerrado em Regeneração, Floresta Estacional Decidual, Silvicultura, Agricultura, Afloramento Rochoso, Solo exposto e Água e sombra. As características do padrão de drenagem da bacia do rio Catolé foram obtidas por meio do MDEHC, o qual foi elaborado a partir do processamento de dados da missão SRTM (*Shuttle Radar Terrain Mission*) disponibilizado gratuitamente junto ao Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) no endereço eletrônico <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Para o estudo foi utilizada 1 cena do SRTM (S16W045), com resolução espacial de 30 metros e elipsoide de referência WGS 84. A partir do MDE da área de estudo, gerou-se o MDEHC por meio de operações de geoprocessamento utilizando a extensão *Spatial Analyst/Hydrology* disponível no software ArcGIS versão 10.2. De posse do MDHEC, os limites da bacia do rio Catolé foram delimitados automaticamente em formato matricial que, posteriormente, foi convertida para o formato vetorial. Na caracterização geométrica foram determinados a Área da bacia (A), o Perímetro (P), o Coeficiente de Compacidade (Kc), o Fator de Forma (F) e o Índice de Circularidade (IC) (VILLELA & MATOS (1975). Na caracterização do relevo deve-se destacar a variação de altitude média, visto que a temperatura e precipitação são diretamente relacionadas com a altitude (RIBEIRO et al., 2015). As variações de temperatura influenciam as perdas de água que ocorrem na forma de evaporação e transpiração, já as variações de precipitação atuam diretamente no escoamento superficial e na infiltração (VILLELA & MATTOS, 1975). Para caracterizar o relevo da bacia do Catolé determinaram-se as altitudes máxima, mínima e média, a Amplitude Altimétrica (HM), o Índice de Sinuosidade (Is) e a

Relação de relevo (Rr). Com relação as características da rede de drenagem foram determinadas: a Densidade de Drenagem (Dd), o comprimento do canal principal, o comprimento total dos canais, o comprimento vetorial do canal principal, e a ordem dos canais da bacia. A ordem dos cursos d'água foi determinada pelo método proposto por STRAHLER (1952), o qual considera que canais de primeira ordem são aqueles que não apresentam tributários, isto é, são canais de cabeceiras de drenagem. Já os canais de segunda ordem são canais subsequentes à confluência de dois canais de primeira ordem e assim sucessivamente, sendo que a confluência com canais de ordem hierárquica menor não altera a hierarquização da rede.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A interpretação visual da imagem do Landsat 8/OLI juntamente com dados de campo subsidiaram as informações utilizadas para a classificação supervisionada da imagem. O trabalho de classificação supervisionada relacionou os pixels da imagem a uma determinada classe do terreno com base na coleta de amostras de treinamento para o classificador MAXVER. Na Tabela 1 estão apresentadas as classes de uso e cobertura do solo na bacia do rio Catolé com suas respectivas áreas em quilômetros quadrados (km²) e em porcentagem (%) da área total. Foram predominantes as classes de Cerrado e Cerrado em regeneração representando 45,89 (324,61 km²) e 38,46% (272,1 km²) da área, respectivamente. O predomínio destas classes é essencial para o ecossistema da bacia, visto que a cobertura florestal confere maior proteção ao solo contra o impacto direto das gotas de chuva, reduzindo a velocidade de escoamento superficial e, por conseguinte, favorecendo a capacidade de infiltração da água no solo. A agricultura na bacia do Catolé apresentou área de 43,47km² (6,19%), visto que tal atividade é praticada por pequenos produtores em sua maioria. BETHONICO (2009) em estudo na bacia do rio Pandeiros e Catolé sustenta que nas comunidades rurais os moradores desenvolvem a agricultura de subsistência, principalmente para o cultivo do feijão, arroz, mandioca, milho e cana. Existem ainda propriedades que praticam a pecuária extensiva incluída no presente trabalho dentro da classe de agricultura.

TABELA 1 – Área em hectares e porcentagem das classes selecionadas para classificação de uso e cobertura do solo referente à bacia hidrográfica do rio Catolé, Bonito de Minas - MG

Uso da Terra	Área	
	km ²	%
Afloramento Rochoso	2.94	0.42
Agricultura	43.76	6,19
Água e Sombra	2.78	0,39
Cerrado	324.61	45,89
Cerrado em Regeneração	272.1	38,46
Silvicultura	4.96	0,70
Floresta Estacional Decidual	5.68	0,80
Solo Exposto	50.57	7,15
TOTAL	707,4	100

A classe solo exposto representa 7,15% (50,57km²) da área total, essa área corresponde a áreas de solos sem cobertura, preparados para plantio ou onde se colheu após o período chuvoso podendo contemplar áreas agrícolas, também é constituída por áreas de voçorocas,

solos desertificados por uso inadequado, estradas e leitos assoreados de cursos de água. Já as demais classes de uso não chegaram a ocupar mais do que 3% da área total da bacia, quando somados todos os seus respectivos valores. A classe de floresta estacional decidual representou 0,8% (5,68km²) da área, sendo caracterizada por vegetação do tipo mata seca. As demais classes como afloramento rochoso mostrou-se se presente na posição norte da bacia, em áreas com altitudes superiores aos 720 metros, representando 0,42% (2,94km²). Seguidas pelas classes de silvicultura com 0,8% e água e sombra com 0,39%, respectivamente. A Figura 2 representa o mapa de uso e cobertura do solo da bacia do rio Catolé.

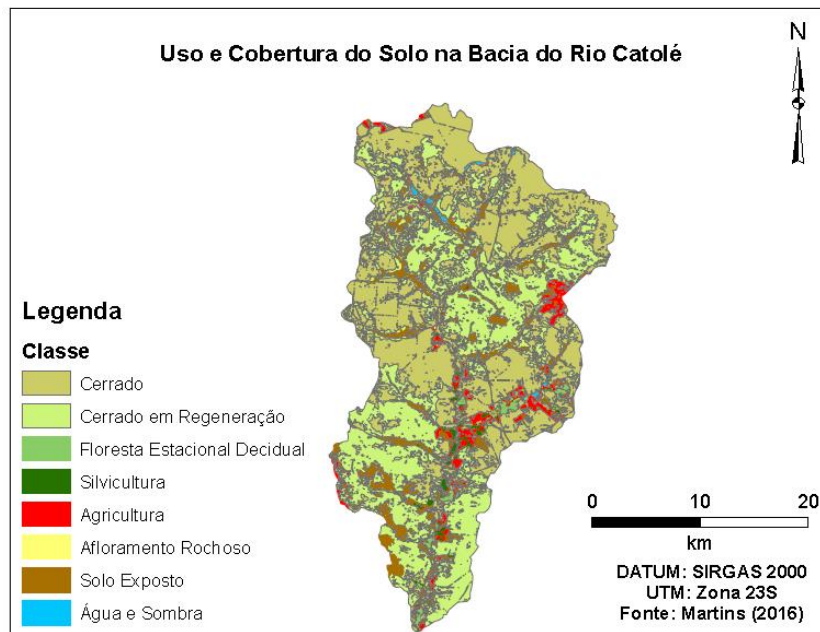


FIGURA 2 – Mapa de Uso e Cobertura do Solo na Bacia do Rio Catolé – MG.

A partir do processamento do MDE foi possível obter a delimitação da bacia hidrográfica do rio Catolé, bem como a modelagem de toda a rede de drenagem que compõe a referida bacia (FIGURA 3).

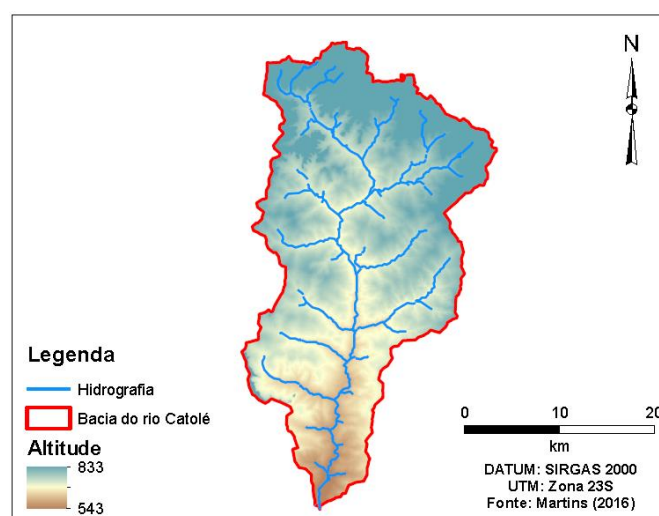


FIGURA 3 - MDEHC da bacia do rio Catolé baseado em dados da missão SRTM.

De posse dos arquivos vetoriais de delimitação e drenagem da bacia do rio Catolé,

determinaram-se os parâmetros morfométricos da bacia presentes na Tabela 2.

TABELA 2 - Características físicas da bacia do rio Catolé, Bonito de Minas – MG.

	<i>Características Físicas</i>	<i>Unidades</i>	<i>Resultados</i>
Características Geométricas	Área de drenagem (A)	km ²	707,45
	Perímetro (P)	km	150,13
	Comprimento Axial (C)	km	49,10
	Comprimento da Drenagem	km	221,52
	Coefficiente de compacidade (Kc)	Adimensional	1,58
	Fator de forma (Kf)	Adimensional	0,29
	Índice de Circularidade (Ic)	Adimensional	0,39
Características de Relevo	Altitude Máxima	m	831
	Altitude Média	m	688
	Altitude Mínima	m	545
	Amplitude Altimétrica (Hm)	m	286
	Relação de Relevo (Rr)	m/km	5,82
	Índice de Sinuosidade	m/m	0,93
Características da Rede de Drenagem	Comprimento do rio principal	km	52,54
	Comprimento total da drenagem	km	221,52
	Densidade de drenagem (Dd)	km/km ²	0,31
	Ordem da Bacia	-	4

Com relação aos coeficientes de compacidade (Kc) e de forma (Kf) observou-se que a bacia apresentou um Kc de 1,58, o que permite afirmar que a mesma apresenta baixa suscetibilidade a picos de enxurrada, considerando todos os outros fatores intervenientes constantes. O valor do Kf foi baixo, de 0,29, o que condiz com a sua forma alongada. Assim, segundo VILLELA E MATOS (1975) a bacia é menos sujeita a enchentes que outra bacia, de igual tamanho, porém com fator de forma próximo da unidade. Tal fato se dá porque como a bacia é estreita e longa, o escoamento direto de uma precipitação ocorrida na sua área não se concentra rapidamente, além do fato de que bacias com tais características apresentam menor possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda sua extensão. O Índice de circularidade (Ic) da bacia foi de 0,39, valor baixo e condizente com o formato alongado. O Ic reforça a baixa probabilidade de ocorrência de eventos de cheias na região de estudo. Com relação à ordem de drenagem da bacia, a mesma apresentou até 4ª ordem (FIGURA 4a), segundo o método hierárquico proposto por STRAHLER (1952). A densidade de drenagem (Dd) foi de 0,31 km/km², considerada como baixa segundo a classificação proposta por BELTRAME (1994). A bacia do rio Catolé possui escoamento lento ao apresentar relação de relevo (Rr) igual a 5,82 m/km, considerado baixo. Em estudos realizados por SALGADO et al., (2009) na bacia do Córrego Santana, Barra do Pirai–RJ, o valor de Rr encontrado foi 75,80 m/km, representando um escoamento rápido da bacia. O Índice de Sinuosidade (Is) encontrado para a bacia foi de 0,93. Segundo TEODORO et al., (2007), quando o Is for próximo a 1 indica que os canais tendem a ser retilíneos, já os valores superiores a 2,0, indicam que os canais tendem a ser tortuosos e os valores intermediários indicam formas transicionais, regulares e irregulares, a bacia do Catolé possui uma hidrografia com características retilíneas, o que tende a favorecer o transporte de sedimentos ao longo do curso d'água. A hipsometria na bacia variou de 545 a 831 metros (FIGURA 4b), valores que correspondem a uma amplitude altimétrica de 286 metros. As maiores cotas foram

relativas à região norte da bacia, e principalmente nas áreas de nascentes com valores entre 750 e 831 metros. Com relação a declividade a Tabela 3 mostra que em 75,78% (536,14 km²) da área da bacia predomina o relevo com até 6% de inclinação classificado como plano, observado também na Figura 4C. As áreas mais declivosas estão presentes na região norte da bacia, área que possui a maior porcentagem de afloramentos rochosos e as maiores altitudes. De acordo com SALA & GASPARETTO (2010) é importante considerar a declividade como controladora de parte da velocidade de escoamento, visto que a mesma interfere no tempo em que a chuva leva para chegar aos leitos de drenagens.

TABELA 3 – Classes de declividade na bacia rio Catolé, Bonito de Minas – MG.

Classes de Relevo	Declividade (%)	km ²	%
Plano	0 – 6	536.14	75.78%
Suave Ondulado	6,01 – 12	141.22	19.96%
Moderadamente Ondulado	12,01 – 20	17.48	2.47%
Ondulado	20,01 – 30	8.36	1.19%
Forte Ondulado	> 30	4.25	0.60%
TOTAL		707,4	100

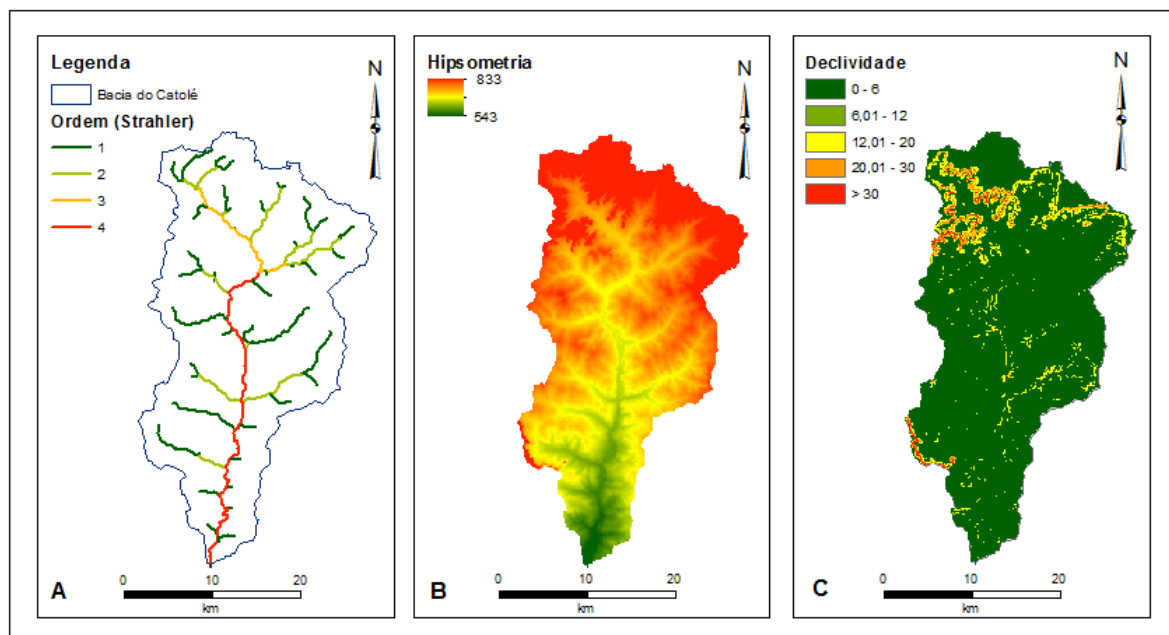


FIGURA 4 – Mapas de Ordem de drenagem (4A), Hipsometria (4B) e Declividade (4C) da bacia do rio Catolé.

CONCLUSÕES: Com relação ao uso do solo houve predomínio de áreas de Cerrado e Cerrado em Regeneração, o que garante proteção ao solo contra a ação de processos erosivos. Com relação à análise das características morfométricas, estas permitiram verificar que a bacia do Catolé, em condições naturais, apresenta baixa susceptibilidade a enchentes, corroborada pelos valores de coeficientes de compacidade, fator de forma, densidade de drenagem e índice de circularidade obtidos, bem como, pelas características hipsométricas e de declividade observadas.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem a FAPEMIG pela concessão das bolsas de iniciação científica, e ao IFNMG/Januária pelo apoio a pesquisa.

REFERÊNCIAS

BETHONICO, M. B. M. **Área de proteção ambiental estadual do Rio Pandeiros, MG:** espaço, território e atores. 2009. 288 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2009.

BURROUCH, P. A.; FRANK, A. U. Concepts and paradigms in spatial information: are current geographical information systems truly generic? **IJGIS**, v. 9, n. 2, 1995.

CÂMARA, G.; BARBOSA, C. C. F.; DAVIS, C.; FONSECA, F. Conceitos Básicos em Geoprocessamento. **Geoprocessamento: teoria e aplicações**. São José dos Campos: INPE, 2000.

CARELLI, L.; LOPES, P. P. Caracterização fisiográfica da bacia Olhos D'água em Feira de Santana/BA: Geoprocessamento aplicado à análise ambiental. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 31, n. 2, p. 43-54, 2011.

ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.21; p. 2960. 2015.

FERREIRA, R. G.; MOURA, M. C. O.; CASTRO, F. S. Caracterização morfométrica da sub-bacia do Ribeirão Panquinhas, ES. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 2247-2256, 2012.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 394 p.

MIRANDA, W. A. Estudos morfométricos, monitoramento hídrico e levantamento de impactos na Sub-Bacia Hidrográfica do rio Catopé, Bonito de Minas - MG / Wadson de Almeida Miranda. Montes Claros, MG: ICA/UFMG, 2011. 146 f: il.

PIROLI, E. L.; BECKER, E. L. S. BOLFE, E. L. PEREIRA, R. S. Análise do uso da terra na microbacia do Arroio do Meio – Santa Maria RS, por sistema de informações geográficas e imagem de satélite. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32 n. 3, p. 407-412, 2002.

RIBEIRO, E. G. P.; FERREIRA, B. M. F.; MACIEL, M. N. M.; PEREIRA, B. W. F.; SOARES, J. A. C. CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ DO UNA POR MEIO DE GEOTECNOLOGIAS. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.21; p. 2015

SALA, M. G.; GASPARETTO, N. V. L.: Fragilidade Ambiental dos solos em Bacias Hidrográficas de pequena ordem: o caso da Bacia do Ribeirão Raringá-Pr. **Boletim Geografia**, Maringá, v. 28, n. 2, p. 113-126, 2010.

SALGADO, M. P. G.; BATISTA, G. T. B.; DIAS, N. W.; TARGA, M. S. Caracterização de uma microbacia por meio de geotecnologias. Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Natal, Brasil, 25 – 30 abril 2009, INPE, p. 4837 – 4843.

SILVA, L. S.; FRANÇA, C. A. S. S. M. **SIG como ferramenta de mapeamento das formas de uso e ocupação do solo na APA Igarapé São Francisco, Rio Branco, Acre**. Anais XVI

Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE

SILVA, T. E. P. **Mapeamento de uso e ocupação do solo no perímetro irrigado de Mirorós – Ibipeba, Bahia.** 2006. 54 f. Monografia (Especialização em Ciências da Terra e do Ambiente) - Departamento de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, BA, 2006.

STRAHLER, Arthur N. Hypsometric (area-altitude) – analysis of erosion al topography. **Geol. Soc. America Bulletin** 63. p.1117-1142,1952.

TEODORO, V. L. I. et al. O Conceito de Bacia Hidrográfica e a Importância da Caracterização Morfométrica para o Entendimento da Dinâmica Ambiental Local. **Revista Uniara**, n. 20, p. 137–156, 2007.

VILLELA, S. M. & MATTOS, A. Hidrologia Aplicada. **Editores Mc Graw Hill.** São Paulo. p. 245, 1975.