

Análise do comportamento do escoamento superficial através do método curve number na bacia hidrográfica do córrego Guanandy-MS

José Roberto Amaro Mantovani ¹

Elias Rodrigues da Cunha ¹

Vitor Matheus Bacani ¹

Cesar Cardoso Ferreira ²

Simone Leia Rui ²

¹ Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS/CPTL
Rua Capitão Olinto Mancini, 1662 Caixa Postal 210 Três Lagoas- MS

jr.mantovani.geo@gmail.com
eliasrodriguesdacunha@hotmail.com
vitor.bacani@ufms.br

² Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita” - UNESP
Rua Roberto Simonsen, 305, Centro Educacional CEP: 19060-900 Presidente Prudente-SP

cesar.ufms@gmail.com
simonerui28@yahoo.com.br

Abstract. The estimation of runoff in watersheds is needed for the planning and execution of projects in water resources management. The complexity for manage water systems is increasing due to decreased availability of water resources and deterioration of water quality, especially in urban water systems. The current trend involves sustainable development in watersheds, implying a rational use of natural resources with minimal damage to the environment. The Soil Conservation Service of the United States (SCS, 1972) developed a method, known as the curve number (CN) method, which uses the total precipitation and an index of initial abstractions to calculate the total volume of water drained off basin. Several studies have been performed incorporating Geographic Information Systems (GIS) associated with hydrological models. This paper aims to hydrologic analysis using the curve number method (CN) to analyze the runoff in watershed of stream Guanandy, located within the urban perimeter of Aquidauana-MS. To apply the CN method it was used a hydrological model HEC-GeoHMS (Hydrologic Engineering Center) developed by the Corps of Engineers US Army.

Palavras-chave: Geographic Information System (GIS); curve-number; HEC-GeoHMS, Sistema de informação geográfico (SIG), curva-número, HEC-GeoHMS.

1. Introdução

O escoamento superficial é um importante processo associado à erosão hídrica e ocorre em função da cobertura do solo, declividade do terreno e tipo de solo, intensidade e duração das chuvas, basicamente (Ferreira, et al., 2007). O estudo do escoamento superficial permite subsidiar plano e metas sobre o comportamento das águas superficiais a partir de mudanças no uso e cobertura da terra, tais como, substituição de florestas por pastagem, ampliação de área com culturas agrícolas, mudanças nas espécies agrícolas, entre outras, antes mesmo destas trocas serem perpetradas na bacia. (Barreto-Neto e Souza Filho, 2003).

O Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos (SCS, 1972) desenvolveu um método, conhecido como método da curva-número (CN), que utiliza o total de precipitação e um índice de abstrações iniciais para calcular o volume total de água escoado na bacia (MANTOVANI, et al., 2013). Vários estudos já foram realizados incorporando os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) em modelos hidrológicos (Melesse e Shih, 2002; Liu e De Smedt, 2005).

Nesse sentido, de acordo com Câmara (2001), Sistemas de Informação Geográfica são ferramentas computacionais para Geoprocessamento que permitem realizar análises complexas,

ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados geo-referenciados. Torna ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos, como salienta.

Sendo assim o presente trabalho tem como objetivo fazer uma análise hidrológica, por meio do método curva-número (CN) analisando o padrão do potencial ao escoamento superficial na área da bacia hidrográfica do córrego Guanandy dentro do perímetro urbano do município de Aquidauana-MS associado ao mapeamento de uso e cobertura da terra por meio de imagem orbital.

2 Metodologia

2.1 Área de estudo

A bacia hidrográfica do córrego Guanandy localiza-se no Estado de Mato Grosso do Sul, na região sul do município de Aquidauana, entre as latitudes $20^{\circ} 29' 11''$ s e $20^{\circ} 24' 47''$ s e longitudes $55^{\circ} 47' 09''$ w e $55^{\circ} 43' 02''$ w. A área teste de estudo (área urbana 667,15 hectares) foi limitada apenas para as áreas onde obteve-se os dados de curvas de nível (1m), devido à disponibilidade uma vez que elas foram cedidas pela Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul (SANESUL).

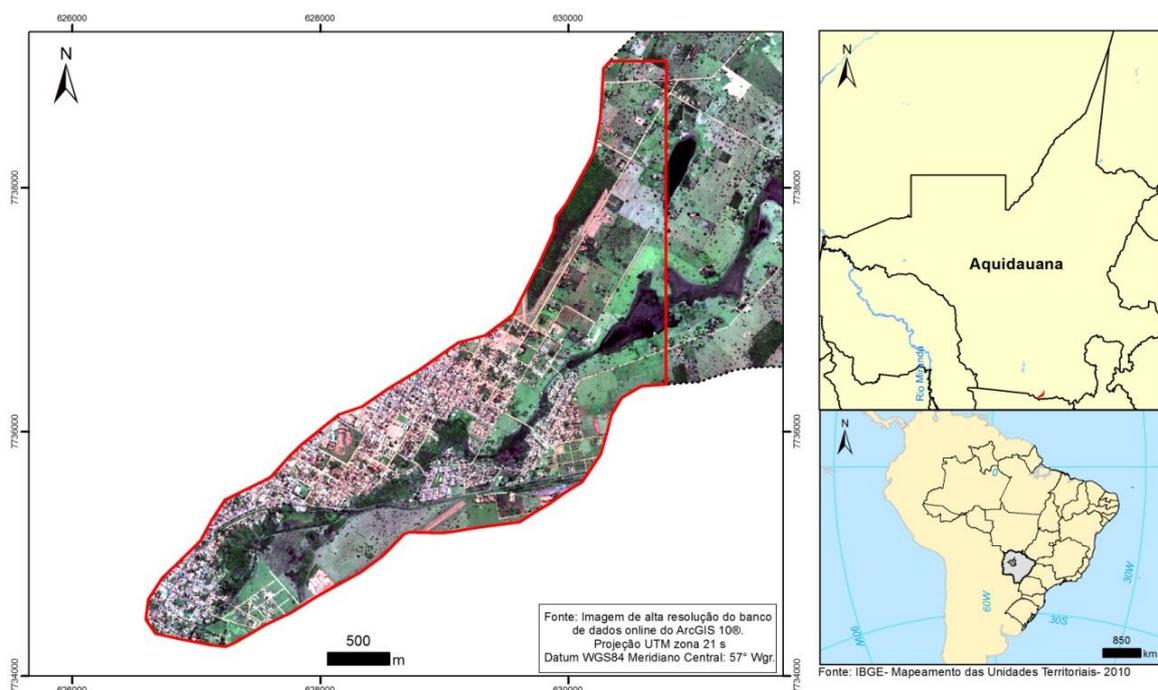


Figura 1. Localização da área de estudo

A vegetação original predominante é Savana (Cerrado) e destacam-se a presença de agropecuária e pastagem (BRASIL, 1982). O tipo de solo predominante é Argissolos Vermelho-Amarelos de textura arenosa

A Geologia é composta pela Formação Aquidauana, caracterizada por arenitos marrom tijolo avermelhados (BRASIL, 1982). Mineralogicamente, nos níveis grosseiros, predominam grãos de quartzo com alguns raros feldspatos caolinizados (BEURLIN, 1956). Para Gonçalves e Schneider (1970) os sedimentos vermelhos da Formação Aquidauana são resultado de uma deposição em ambiente continental (fluvial, lacustre e de planícies aluviais).

2.2 Dados

2.2.1 Dados topográficos

Para realização deste trabalho foi utilizada a carta topográfica Folha Aquidauana (SF. 21-X-A III), na escala de 1:100.000 (DSG-1966), que foi digitalizada em scanner de mesa e dados de curva de nível (equidistância de 1m) proveniente da empresa de saneamento de Mato Grosso do Sul (SANESUL), para extração da rede de drenagem, delimitação do limite da BHCG e obtenção de um modelo digital de terreno (MDT).

2.2.2 Dados de sensoriamento remoto

Foram utilizados dados de altimetria do Radar *Shuttle Radar Topography Mission* - SRTM 30m (VALERIANO, 2008) quadrícula 20_57_ZN (GeoTIFF) extraído do Banco de Dados Geomorfométricos Brasileiro (TOPODATA), disponível gratuitamente no sítio do INPE (www.dpi.inpe.br/Topodata).

Para o mapeamento de uso e cobertura do solo, foram utilizadas um conjunto de 16 cenas que recobrem o limite da bacia hidrográfica, datadas de novembro de 2010, na escala de 1:10.000, provenientes do sensor *GeoEye*, disponibilizadas pelo Google Earth.

2.2.3 Dados pedológicos

Os dados de solos foram obtidos por meio do mapa pedológico, na escala de 1:250.000 do Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai- PCBAP (BRASIL, 1997). As classes de solo que compõem a BHCG são: Argissolos Vermelho-Amarelos com textura arenosa e Gleissolos Háplicos com textura argilosa.

2.3 O método curva-número

O método *Curve Number* é amplamente utilizado para estimar o escoamento superficial, e, conseqüentemente o fluxo de rios, a recarga de água, o volume de infiltração, a umidade do solo e o transporte de sedimentos. Muitos autores apresentam estudos sobre o método CN, entre eles Mack (1995), Johnson e Miller (1997), Pullar e Springer (2000), Tucci (2000) e Mantovani et al. (2013).

No modelo CN do SCS (1972) a estimativa de escoamento superficial (Q, mm) é realizada da seguinte maneira (Equação 1):

$$Q = \frac{(P - 0,2 \times S)^2}{P + 0,8 \times S} \quad \text{Eq.1}$$

Onde P é a precipitação média mensal (mm mês⁻¹), S é a capacidade máxima de armazenamento de água (saturação) da camada superior do solo na bacia hidrográfica (mm mês⁻¹). Para esse trabalho foi considerada a precipitação média de 178 mm para o mês de janeiro (1954-2013) a partir de dados interpretados para a região (GUEDES et al., 2014). A Equação (1) somente é válida para P > S x S; quando P < 0.2 x S, temos que Q = 0.

O parâmetro S é relacionado ao CN da seguinte maneira (Equação 2):

$$S = \left(\frac{25400}{CN} \right) - 254 \quad \text{Eq.2}$$

O CN é um índice para escoamento adimensional baseado no grupo hidrológico de solos (GHS), uso e cobertura, condições hidrológicas e condições antecedentes de umidade. O método CN permite mostrar o efeito das mudanças no uso e cobertura do solo sobre o escoamento superficial. Os valores de CN variam entre 1 e 100. Valores altos de CN indicam alto escoamento (Melesse; Shih, 2002).

O CN deve ser ponderado em função do uso e cobertura do solo e dos tipos de solo da seguinte forma (Equação 3):

$$\text{Eq.3}$$

$$CN_p = \frac{\sum_{i=1}^n (CN_i \times A_i)}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Onde CN_p é o valor de curva-número ponderado (adimensional); CN_i é o valor da curva-número de cada grupo de uso e cobertura e tipo do solo na bacia hidrográfica (adimensional); A_i é a área de cada grupo de uso e cobertura e tipo do solo na bacia (km^2); A_t é a área total da bacia hidrográfica (km^2).

2.4 Modelo hidrológico distribuído

O SIG utilizado para processamento e análise foi o software *ArcGIS 10®* (ESRI, 2012), com a extensão *HEC-GeoHMS 5.0 (Geospatial Hydrologic Modeling Extension)*. O *HEC-GeoHMS* é um conjunto de ferramentas do *Arcmap* desenvolvido especialmente para o processamento de dados geoespaciais, criando dados de entrada para o Sistema de Modelagem Hidrológica.

2.5 Procedimento operacional

O processo de delimitação manual da bacia hidrográfica foi realizado utilizando as curvas de nível, por meio da carta topográfica e dados de altimetria do Radar *Shuttle Radar Topography Mission - SRTM 30m* (VALERIANO, 2008). Tendo em vista que a topografia do terreno é responsável pela drenagem da água da chuva e os limites entre as bacias hidrográficas encontram-se nas partes mais altas do relevo delimitou-se a bacia seguindo as curvas de nível de maior cota, simulando o trajeto das águas.

O mapeamento de uso da terra e cobertura do solo, foi elaborado através dos softwares *ArcGIS 10®*, *Global Mapper 13.2®* e *Spring 5.2*. Utilizou imagens de alta resolução satélite *GeoEye* (total de 16 cenas, escala: 1:10.000 datas de novembro de 2010).

A abordagem metodológica proposta fundamentou-se em procedimentos digitais de imagem descritos em Cunha et al., (2014). O mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal foi dividido em 6 (seis etapas): 1ª Captura das imagens no *ArcGIS 10® Online*; 2ª Mosaico das cenas no *Global Mapper 13.2®*; 3ª Segmentação e extração de regiões, 4ª Elaboração da chave de interpretação, 5ª Classificação visual em ambiente *Spring 5.2* e 6ª Exatidão da classificação. Para obter o mapa de grupos hidrológicos de solos da bacia, os tipos de solos presentes na bacia foram reclassificados de acordo com a classificação proposta pelo “*Natural Resources Conservation Service*” (NRCS) – antigo “*Soil Conservation Service*” (SCS) – do “*United States Department of Agriculture*” (USDA).

O próximo passo foi a realização da fusão entre o mapa de uso e cobertura do solo e o mapa dos grupos hidrológicos de solos. Esse procedimento foi realizado por meio da extensão *HEC-GeoHMS*, sendo necessário a criação de uma 'LookUp Table' com os valores de CN para bacias urbanas, conforme a literatura (Tucci, 1993). Após a geração da grade de curva-número (CN), o próximo passo foi estimar a grade de saturação do solo, por meio da Equação 2. Essa grade de saturação, foi utilizada para estimar o escoamento superficial na BHCG, por meio da Equação 1.

4. Resultados

4.1 Mapa de uso e cobertura

O mapeamento foi dividido em sete classes: pastagem, área urbanizada, mata secundária, reflorestamento, solo exposto, área úmida e corpos d'água. A área de estudo (figura 2) é essencialmente ocupada por pastagem 308,08 ha, que corresponde a 45,88% apresentando

como a maior classe mapeada. A introdução da pastagem plantada ocorre ao longo das margens do córrego.

A área urbanizada compreende a segunda maior classe mapeada com 209,95 ha, encontra-se ao longo da margem direita do córrego encontram-se os bairros Santa Teresinha e Serraria (vila Jardim II e São Cristovão), caracterizados por grande adensamento de construções e ruas que em sua maioria são pavimentadas. Na margem esquerda localizam-se as vilas São Francisco, Popular, Quarenta, Icarai e bairro Guanandy.

A mata secundária está distribuída em 42,40 ha encontra-se principalmente no nordeste da bacia, sempre associada com a presença de pastagem, exceto em dois fragmentos de mata localizados na fazenda Guanandy no baixo curso do córrego, onde encontram-se associados com áreas úmidas.

A classe reflorestamento é caracterizada como a menor área mapeada com apenas 3,36 ha. localiza-se na área da Usina COIMOR, a mesma que trabalha com reflorestamento de madeira e tratamento de dormentes.

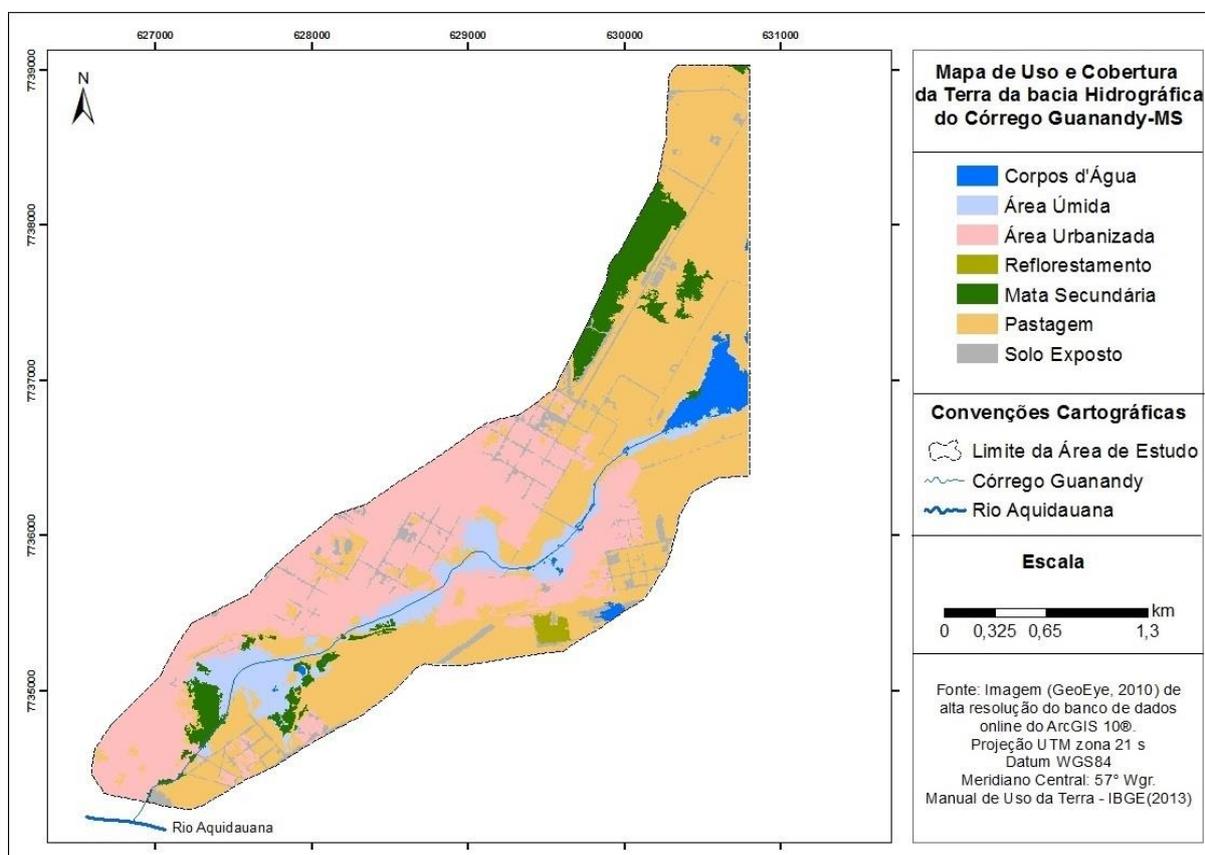


Figura 2: Uso da terra e cobertura da terra.

As áreas de solo exposto apresentam-se ao longo das ruas não pavimentadas, estradas e em algumas áreas da zona rural; abrange apenas a 35,42 ha das classes mapeadas. Os solos são predominantemente de textura arenosa caracterizados pela presença de quartzo, originados de arenitos.

As áreas úmidas apresentam-se ao longo das margens do córrego Guanandy, área que corresponde 8,29% (55,67 ha) em sua maioria está associada planície de inundação. A vegetação que se desenvolve é predominantemente de gramíneas do tipo *brachiaria*, esse predomínio se justifica por causa do avanço da pastagem e a falta de mata ciliar nas margens do canal. Os corpos d'água ocorrem em 2,65% da área de estudo(16,48 ha), localizam-se nas

proximidades das nascentes, caracterizadas pela presença de duas lagoas, com destaque para a maior, conhecida popularmente como “lagoa dos bobos”.

4.2 Mapa de escoamento superficial

No mapeamento do escoamento superficial registraram-se valores no intervalo de 47,02 mm/mês até 178 mm/mês dividido em nove classes. A classe de 42,02-54,07 mm/mês situou-se em maiores proporções na região noroeste da bacia onde se localiza a classe de uso e cobertura “mata secundária”, ou seja, isso deve-se ao dossel florestal, além disso, nesta área ter maior índice de infiltração da água no solo.

A classe de escoamento superficial de 71,03-71,29 mm/mês está distribuída quase que totalmente em toda a bacia e associada à classe de uso e cobertura “pastagem” caracterizada por gramíneas. A classe de escoamento 92,08-105,57 mm/mês localiza-se em sua maior proporção na região central, oeste e sul da bacia situada à classe de uso e cobertura “área urbanizada” caracterizada em partes pela impermeabilização do solo devido o asfaltamento de algumas vias da cidade de Aquidauana, porém, existem vias não pavimentadas nestas cidades caracterizando maior índices de infiltração no solo.

O escoamento de 105,58-108,31 mm/mês teve sua maior proporção não região leste da bacia sob o uso e cobertura “reflorestamento” representado por uma vegetação arbórea. Os valores entre 108,32-178 mm/mês correspondem áreas próximos às redes de drenagem ou áreas úmidas, ou seja, nesses ambientes o escoamento caracterizou-se elevado comprado com as outras classes.

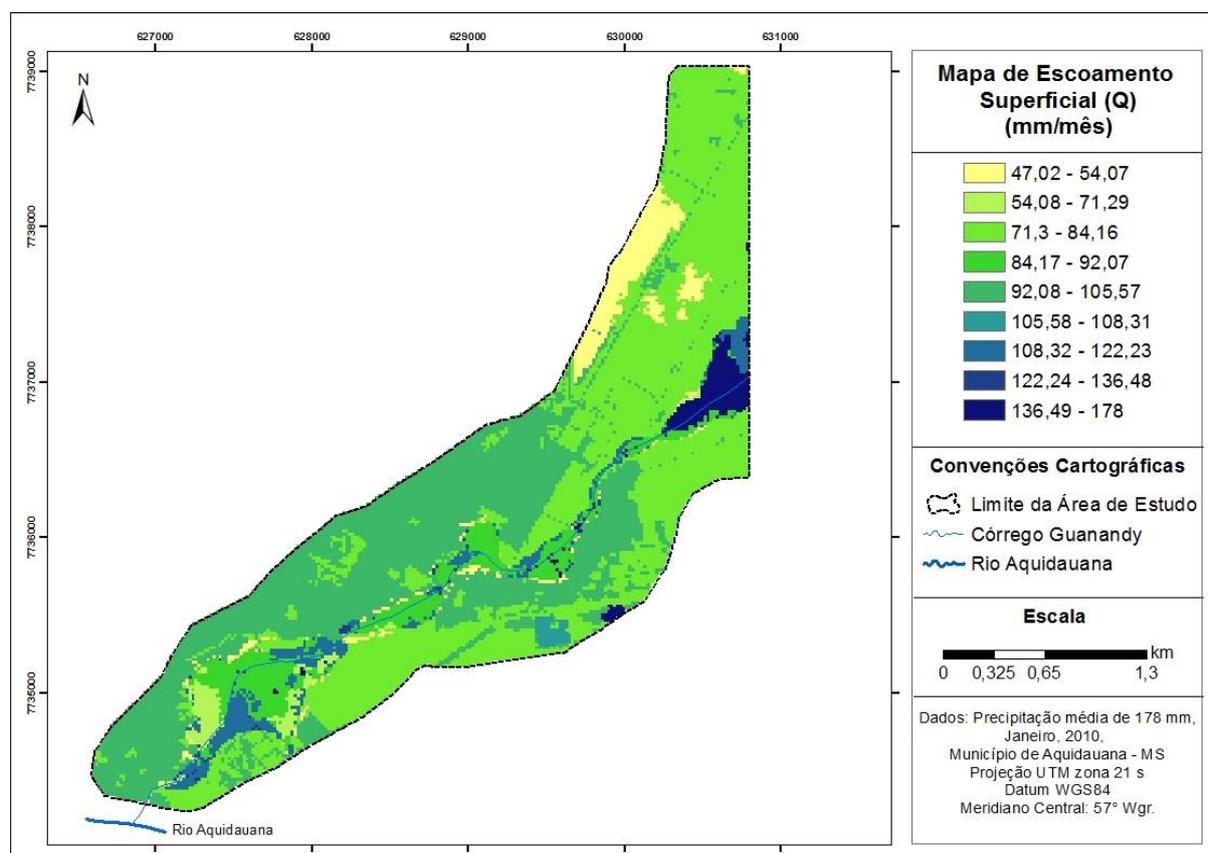


Figura 2: Escoamento superficial.

4.3 Considerações finais

Em relação ao método da curva-número utilizado ficou evidente sua eficácia, além disso, a aquisição, manipulação e armazenamentos dos dados da área de estudo foram processados e transformados em informações que podem subsidiar o planejamento da área.

Sobre o escoamento superficial, as áreas com maiores índices estão relacionadas com os corpos d'água da bacia hidrográfica do córrego Guanandy e os menores índices mm/mês estão relacionados com as áreas de vegetação secundária. A área urbana apresentou escoamento intermediário comparando com o restante das classes em mm/mês, pois, configura com duas situações distintas: vias pavimentadas e vias não pavimentadas. Com maior representatividade a pastagem também apresentou baixo índice de escoamento.

Por fim, os estudos e/ou a investigação realizada demonstrou a importância de se conhecer prévia e detalhadamente o meio físico das áreas estudadas. Além disso, a aplicação da metodologia apresentada revelou-se importante para futuras elaborações de estudos ambientais e planejamento, para a bacia hidrográfica do córrego Guanandy.

4.4 Referências

- ARCGIS/ARCINFO – Esri Inc. **ArcGis Version 10**. Environmental Systems Research Institute Inc. New York. 2012. 1 Cd Rom.
- BEURLEN, K. A geologia pós- algonquiana do sul do Estado de Mato Grosso. **Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia**. Rio de Janeiro (163) :1-137, 1956
- BRASIL, Ministério das Minas e Energias. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL**: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1982. Folha SE. 21 Campo Grande.
- BRASIL. **Plano de conservação da bacia do alto Paraguai**: Análise Integrada e Prognóstico da Bacia do Alto Paraguai. Brasília: PNMA, 1997.
- CÂMARA, G.; DAVIS, C. Introdução. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A.M.V. (Org.). **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos:INPE, 2001. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap1-introducao.pdf>> .
- Cunha, E. R.; Silva, L. F.; Ayach, L. R.; Bacani, V. M. Imagens de Alta Resolução do Google Earth como Base para o Mapeamento do Uso e Cobertura da Terra da Bacia Hidrográfica do Córrego Indaiá-MS. **Revista Pantaneira**, v. 14, p. 60-68, 2012.
- CUNHA, E. R; SAKAMOTO, A. BACANI, V. M.; SILVA, L. F. **Utilização de imagem de alta resolução espacial (bing image) como base para mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal**. In: 5º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2014, Bonito. 5º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2014.(no prelo).
- EMBRAPA (2006) **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ª Edição, Embrapa Solos, Rio de Janeiro-RJ, 306p.
- FERREIRA, D. E. **Estimativa do escoamento superficial na bacia do córrego João Pedro através de técnicas de geoprocessamento**. Anais I seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico, Taubaté, Brasil, 07-09 novembro de 2007, IPABHi, p. 163-169.
- GONÇALVES, A.; SCHNEIDER, R. L. Geologia do centro-leste de Mato Grosso. Ponta Grossa, PETROBRÁS-DESUL. 43p. (**Relatório Técnico Interno**, 394), 1970.
- Global Mapper - Blue Marble Geographics. **Global Mapper 13.2**. 2012 Hallowell. 2012.
- HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER (HEC). HEC-GeoHMS: geospatial hydrologic modeling extension. US Army Corps of Engineers. User's Manual. Version 4.2. 2009. Disponível em<www.hec.usace.army.mil/software/hec-geohms>. Acesso em 02 de junho de 2014.
- MANTOVANI, J.R.A, ALCÂNTARA, E. H., ROCHA, P.C., CURTARELLI, M.P., IMAI, M.N.; **Estimativa do Escoamento Superficial Distribuído na Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe por meio de**

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

MELESSE, A.M.; Shih, S.F. **Spatially distributed storm runoff depth estimation using Landsat images and GIS.** Computers and Electronics in Agriculture, v. 37, n. 1-3, p. 173-183, 2002.

NRCS - **Natural Resources Conservation Service.** “Chapter 7: Hydrologic Soil Groups”. In: National Engineering Handbook: Part 630, Hydrology. 2009. Disponível em: <<http://directives.sc.egov.usda.gov/>>. Acesso em: 15 de maio de 2014.

SCS – **Soil Conservation Service. National Engineering Handbook,** USDA, 1972.

TUCCI, C. E. M. **Gerenciamento da drenagem Urbana.** Ed. Abril; 2001.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** 2 ed. Porto Alegre: UFRGS: ABRH. 2001. 943p.

VALERIANO, M. de M. **TOPODATA: guia de utilização de dados geomorfométricos locais** - São José dos Campos: INPE, 2008.