

Geotecnologias aplicadas ao estudo de desastres naturais causados pela mudança no uso da terra em microbacia hidrográfica

Piroli, Edson Luís¹, Lourenço, Gabriela¹, Santos, Vanessa Ramos dos²

1 UNESP - Universidade Estadual Paulista - Câmpus de Ourinhos. Av. Renato da Costa Lima, 451, Ville de France, 19903-302 - Ourinhos, São Paulo, Brasil
piroli@ourinhos.unesp.br

2 UNESP - Universidade Estadual Paulista - Câmpus de Presidente Prudente. Rua Roberto Simonsen, 305, Presidente Prudente, 19060-900, São Paulo, Brasil
vanessaramosgeo@gmail.com

RESUMO

A ocupação de espaços sem planejamento e de maneira intensificada tem causado problemas cada vez maiores em vastas regiões do globo terrestre. Um dos mais significativos está relacionado ao manejo das águas pluviais, que via de regra, são desconsideradas na implantação de núcleos urbanos, e que causam importantes transtornos, riscos e prejuízos quando acumuladas na superfície, sem um direcionamento adequado ou sem sistemas de retenção e de infiltração no solo. Neste contexto, esta pesquisa avaliou o uso da terra na cabeceira da microbacia do córrego Monjolinho localizada na área urbana do município de Ourinhos, nos anos de 1972 e de 2014, e as mudanças ocorridas entre os anos de 1972 e de 2014. Utilizou-se na classificação das imagens o aplicativo ArcGIS 10.3 e na avaliação das mudanças o módulo LCM (Land Change Modeler) do software Idrisi Taiga. Verificou-se que houveram importantes transformações na cobertura do solo da área estudada, influenciando, nas taxas de infiltração da água das chuvas no solo e nas taxas de escoamento superficial. Esta condição tem causado enxurradas e inundações na área. Após as análises verificou-se que as geotecnologias utilizadas permitiram a realização das atividades necessárias com rapidez e confiabilidade, permitindo a formação de um banco de dados contendo as características da área e os locais de maior risco. O banco de dados gerado pode ainda ser utilizado pelos gestores públicos como fonte de informações para o desenvolvimento de projetos de proteção dos recursos naturais e da população.

Palabras clave: **geoprocessamento, sensoriamento remoto, recursos hídricos, água, Sistemas de Informações Geográficas.**

ABSTRACT

The unplanned and intensified spaces occupation has caused increasing problems in vast regions of the globe. One of the most significant is related to the management of rainwater, which, as a rule, is disregarded in the implantation of urban space, causing significant disturbances, risks and damages when accumulated on the surface, without adequate steering or without retention systems and infiltration. In this context, this research evaluated the land use at the headwaters of the Monjolinho stream watershed located in the urban area of Ourinhos municipality, in the years 1972 and 2014, and the changes occurred between 1972 and 2014. It was used in the classification of the images the software ArcGIS

10.3 and in the evaluation of the changes the module LCM (Land Change Modeler) of the software Idrisi Taiga. It was verified that there were important transformations in the soil cover of the studied area, influencing, the infiltration rates of rainwater in the soil and the rates of surface runoff. This condition has caused flash flood and floods in the area. After the analyzes, it was verified that the geotechnologies used allowed the necessary activities to be carried out quickly and reliably, allowing the formation of a database containing the characteristics of the area and the places of greatest risk. The generated database can also be used by public managers as a source of information for the development of projects to protect natural resources and the population.

Keywords: *geoprocessing, remote sensing, water resources, water, Geographic Information System.*

I. INTRODUÇÃO

As mudanças no uso da terra intensificadas nos últimos anos, têm criado condições para que episódios extremos de chuvas e secas ocorram com intensidade sempre crescente.

Estas mudanças têm impactado sobremaneira, o ciclo hidrológico, a partir da substituição da cobertura natural de áreas cada vez mais amplas por outros usos, mais intensos, que interferem nas taxas de infiltração da água no solo e conseqüente na capacidade de armazenamento, de escoamento superficial e de enxurradas, e, ainda na ampliação de processos erosivos, de assoreamento, de inundação de áreas de várzeas, e perda de água armazenada no solo. Este contexto, faz com que amplas áreas antropizadas tenham aumentadas as proporções de desastres, não apenas aqueles decorrentes de chuvas e desmoronamentos, mas também de escassez hídrica, tanto para abastecimento humano, quanto para dessedentação de animais e para produção agrícola.

Piroli (2016) informa que a água tem sido mal gerida e mal cuidada em quase todos os lugares do mundo via mudanças e interferências nos seus ciclos, caminhos e estados. O autor diz que como conseqüência, a água, ao tentar se adaptar a estas mudanças, causa estragos e prejuízos às pessoas e suas estruturas, que por desconhecerem ou desconsiderarem suas características, ocupam locais que naturalmente são dela e que ela não pode deixar de usar na sua dinâmica.

Neste contexto, conhecer a dinâmica das águas e as taxas de mudança no uso da terra, bem como quais são as coberturas do solo e as conseqüências do conjunto de mudanças sobre os componentes de um ecossistema é fundamental para o planejamento de sistemas de preservação da vida e de estruturas, bem como de gestão e de manejo dos recursos naturais e das relações sociais e econômicas de uma área.

Estas análises, devem ser realizadas por bacias hidrográficas, sempre que estas puderem ser delimitadas em função das características do relevo regional, pois estas se caracterizam como sistemas abertos, onde vivem as pessoas e onde o ciclo hidrológico desenvolve algumas de suas principais fases, como a precipitação, o escoamento sub e superficial, a infiltração profunda, a recarga dos aquíferos livre e confinados, a evaporação e a evapotranspiração. Também é no espaço de uma bacia hidrográfica que normalmente a população humana vive e desenvolve grande parte ou todas as suas relações sociais e econômicas, ficando por isso, reféns das decisões tomadas pelos gestores e pelos habitantes da área.

As geotecnologias têm importante contribuição a dar para estas análises pois permitem que se possa lançar mão de dados de sensores remotos orbitais e sub orbitais, de aplicativos de computador e de informações obtidas a campo para o levantamento de características de uma área, e processamento do

conjunto de dados visando a contribuição com técnicos que analisam detalhes e geram produtos, cartográficos ou não, para gestores responsáveis pelo manejo adequado dos espaços.

O Sensoriamento Remoto pode ser definido como o processo de aquisição de informações sobre um determinado fenômeno ou componente da superfície terrestre sem haver o contato físico com ele (JENSEN, 2009). Também pode ser considerado “a ciência e a arte de obtenção de informações sobre um objeto, área ou fenômeno através da análise de dados adquiridos por dispositivos que não estão em contato com os mesmos” (LILLESAND et al., 2004). Para Liu (2007) o sensoriamento remoto é definido como a técnica de aquisição e de aplicações das informações sobre um objeto, sem nenhum contato físico com ele. Estas informações são adquiridas a partir da detecção e medição das mudanças que o objeto impõe ao campo eletromagnético.

Já Novo (1992) definiu sensoriamento remoto como sendo a utilização conjunta de modernos equipamentos sensores, equipamentos para processamento dos dados, equipamentos de transmissão, aeronaves, espaçonaves, satélites, etc. com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e das interações entre as radiações eletromagnéticas e as substâncias componentes do planeta Terra em suas mais diversas manifestações.

Rosa (2009) complementa os conceitos anteriores acrescentando que as informações são obtidas utilizando-se a radiação eletromagnética gerada por fontes naturais como o Sol e a Terra, ou por fontes artificiais, como por exemplo, o radar. Assim, afirma que o sensoriamento remoto pode ser entendido como um conjunto de atividades cujo objetivo consiste na caracterização das propriedades físico-químicas de alvos naturais, através da detecção, registro e análise do fluxo de energia radiante por eles refletido e/ou emitido.

Weiers (1999) e Güls (1999), citados por Lang e Blaschke (2009) afirmam que o sensoriamento remoto por satélite possibilita o levantamento de dados sobre mudanças em extensas áreas. Por isso consideram interessante utilizar o potencial deste para o monitoramento regular e intenso. Afirmam que com o uso desta tecnologia é possível determinar áreas que apresentam mudanças relevantes para a proteção ambiental. Assim, o sensoriamento remoto atua como filtro ou como foco.

A partir do início do Século XXI, houve o aumento do número de satélites equipados com sensores de alta resolução espacial, ampliando a gama de produtos disponíveis aos usuários que atuam na área. Como conseqüência, houve a popularização do uso destes produtos, principalmente após a inserção de imagens de alta resolução em aplicativos disponibilizados gratuitamente, via internet.

Para serem usadas na presente pesquisa, as imagens de satélite e as fotografias aéreas foram processadas por meio de

técnicas de geoprocessamento, que de acordo com Fitz (2009), evoluiu a partir dos avanços da informática e dos SIG, tendo se tornado nos últimos anos um instrumento essencial para o desenvolvimento de trabalhos que requerem a espacialização de informações. O autor destaca que produtos de geoprocessamento estão superando em uso os mapas analógicos. Câmara et al. (2004) também afirmaram que o geoprocessamento surgiu a partir dos avanços da tecnologia da informática que tornou possível armazenar e representar informações geográficas em ambiente computacional.

Este tem tido aplicação em diversas áreas do conhecimento, contribuindo para a realização de estudos, sejam de caráter ambiental, social, econômico, entre outros. De acordo com Moreira (2011, p. 202)

[...] o geoprocessamento é um conjunto de tecnologias voltadas à coleta e ao tratamento de informações espaciais para um objeto específico, ou seja, uma informação atrelada a um atributo geográfico. Por isso, tem sido empregado em diversas áreas da ciência, entre elas a cartografia, a geografia, a agricultura e floresta e a geologia.

Para Veiga e Xavier da Silva

O geoprocessamento permite individualizar cada espaço através de suas características ou assinaturas, para que se possa nele atuar mais confiavelmente, além de discernir e explicitar os fenômenos que nele ocorrem, com base em análises mais concretas e rigorosas, minimizando interferências. (VEIGA; XAVIER-DA-SILVA, 2004, p. 189).

Por ter grande eficiência em diagnósticos ambientais, o geoprocessamento apresenta importante potencialidade no que se refere ao monitoramento dos problemas ambientais, permitindo a manipulação de diversos dados e informações e também a representação cartográfica destes. Nascimento et al. (2005) utilizaram o geoprocessamento na identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do rio Alegre, Espírito Santo. Na mesma linha, Simões (1996) avaliou as áreas de preservação permanente da bacia do ribeirão Lavapés, em Botucatu-SP, usando o Sistema de Informações Geográficas Idrisi observando que importante percentual estava desprovido de matas ciliares.

Sartori et al. (2009) mapearam as áreas de conflito de uso na bacia experimental do Alto Pardo utilizando imagem orbital do sensor CCD do satélite CBERS-2, e verificaram que mais de 50% da área está sob atividades antrópicas, desenvolvidas em áreas legalmente protegidas pela legislação ambiental.

As mudanças nos usos da terra ocorrem em vários níveis espaciais e em vários períodos de tempo, podendo ser ambientais, naturais, ou antrópicas, dependendo da capacidade tecnológica e econômica de cada sociedade em cada época (CRIADO, 2016). Zanata (2014) ao estudar mudanças no uso da terra em uma bacia hidrográfica, informa que o módulo LCM usa como dados de entrada do modelo dois mapas da paisagem, com datas diferentes (época inicial e final). Diz que a partir destes mapas, os modeladores realizam a estimativa da quantidade de mudanças, com base em cadeias markovianas, resultando em matrizes de transição que originam análise de mudanças e permitem gerar gráficos com balanço de perda e ganhos entre as classes.

Neste contexto, esta pesquisa foi desenvolvida para analisar o uso dos componentes das geotecnologias na avaliação das mudanças no uso da terra da cabeceira da microbacia hidro-

gráfica do córrego do Monjolinho, localizado na área urbana do município de Ourinhos, São Paulo, Brasil, e as consequências destas mudanças no surgimento de desastres naturais na área.

A metodologia utilizada fornece interface abrangendo funções associadas à análise de mudanças, previsão e modelagem de variáveis relativas às transições do ambiente e tem como objetivo auxiliar na tomada de decisão em ações de planejamento, por meio da geração de mapas e tabelas de ganho e perda, detectando mudanças nos mapas de uso da terra de diferentes datas para um mesmo local. A metodologia tem sido usada mundialmente para dar suporte às decisões no planejamento territorial e para a conservação ambiental uma vez que com o uso do LCM se pode visualizar as mudanças na cobertura da terra, simular cenários futuros e modelar os impactos sobre as condições ambientais, espécies animais e vegetais e sua biodiversidade (EASTMAN, 2009).

II. MÉTODO

Para o desenvolvimento da pesquisa os materiais utilizados foram um aerofotograma de 17/08/1972 na escala de 1:25.000 e uma imagem de satélite de alta resolução disponível no Google Earth de 09 de maio de 2014. Para apoio de campo e da georreferência utilizou-se a carta topográfica do IBGE, folha de Ourinhos (SF-22-Z-A-VI-3) na escala 1:50.000. Foram realizados trabalhos de campo na área apoiados em um aparelho de GPS de navegação para verificações e comprovações das informações visualizadas nas imagens de satélite. Nas análises do uso e cobertura da terra usou-se o sistema de informações geográficas Idrisi Taiga que também foi utilizado para a avaliação das mudanças de uso da terra entre as duas épocas aplicando-se o módulo LCM (Land Change modeler), de acordo com o preconizado por Piroli et al (2011). O trabalho foi desenvolvido a partir da conversão do aerofotograma de analógico para digital e do ajuste no georreferenciamento da imagem, utilizando-se coordenadas extraídas das cartas topográficas da área. Em seguida, o limite da microbacia foi vetorizado sobre a carta topográfica digital georreferenciada.

Na sequência os mapas de uso da terra foram elaborados usando-se técnicas de fotointerpretação para o aerofotograma de 1972 e de interpretação visual da cobertura da terra para a imagem do satélite. Posteriormente os mapas dos dois anos analisados foram inseridos no módulo Land Change Modeler do Idrisi Taiga para a geração dos mapas de mudanças na cobertura, de ganho de cada categoria de uso, de perda e de persistência das classes de uso da terra entre os anos estudados.

As categorias de uso e cobertura em que as classes identificadas foram inseridas são definidas pelo IBGE (2013), e foram adotadas em função das características predominantes na área de estudo, sendo elas: construções, ruas não pavimentadas, expansão urbana, arborização urbana, ruas pavimentadas e estruturas esportivas.

O tipo de solo predominante na área de estudo é o Latossolo (EMBRAPA, 1999), constituído por material mineral, com horizonte B Latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte (OLIVEIRA, 1999). Os latossolos apresentam perfis espessos, com mais de 3 metros de profundidade e de coloração avermelhada. Sua textura varia de argilosa a média e são, em geral, solos com boas propriedades físicas, de excepcional porosidade total com valores que podem chegar a 50-60 %. Por isso, tem boa drenagem interna, mesmo naqueles com textura argilosa (LEPSCH, 2002). Diversos fatores condicionam o movimento de água no solo e a infiltração. Os autores Araújo Filho e Ribeiro (1996), destacaram a umida-

de inicial, Perroux e White (1988), a porosidade, Sales et al. (1999), a densidade do solo, Roth et al. (1985) a cobertura do solo, Bertoni e Lombardi Neto (1990), a textura e o grau de agregação do solo; e Reichert et al. (1992), o selamento superficial. A declividade predominante na área de estudo gira em torno de 12%.

III. RESULTADOS

Ao avaliar as mudanças relativas ao uso e à cobertura entre 1972 e 2014, verifica-se que em 1972, a cobertura da terra era predominantemente composta pela expansão urbana, com 21,03 hectares, além das ruas não pavimentadas que cobriam 4,85 hectares. Já em 2014 as categorias predominantes eram as construções, que ocupavam 16,09 ha, e as ruas pavimentadas que ocupavam 8,34 ha. A Tabela 1 apresenta o resultado obtido após a classificação do uso da terra nos anos de 1972 e 2014 em área (ha) e em porcentagem (%).

TABELA 1

Área total ocupada por cada uso da terra e respectiva porcentagem.

USO DA TERRA	1972 (HA)	% 1972	2014 (HA)	% 2014
Construções	3,61	11,02	16,09	49,13
Ruas não pavimentadas	4,85	14,81	0,32	0,98
Expansão urbana	21,02	64,19	4,33	13,22
Arborização urbana	3,27	9,98	3,33	10,17
Ruas pavimentadas	0,0	0,0	8,34	25,46
Estruturas esportivas	0,0	0,0	0,34	1,04
TOTAL	32,75	100	32,75	100

A Figura 1 mostra o recorte da área de estudo no ano de 1972, onde é possível observar que somente nas porções nordeste e oeste da microbacia haviam pequenos adensamentos de casas. No restante da microbacia predominava o solo coberto com gramíneas, livre de construções. Também já era possível visualizar o traçado das ruas, que ainda eram todas de chão batido.

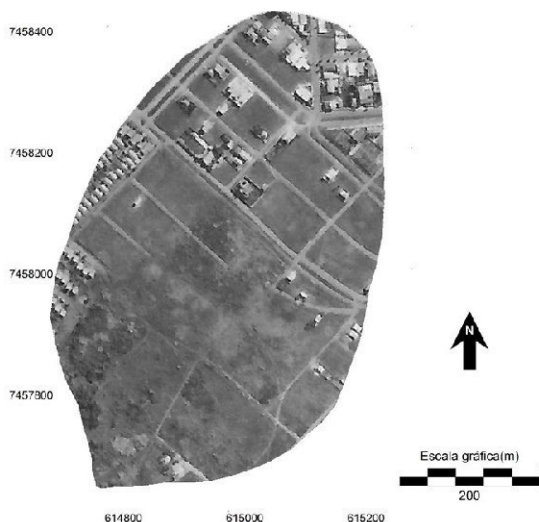


Figura 1 - Recorte da área estudada no ano de 1972.

A Figura 2 apresenta o recorte da área de estudo no ano de 2014, onde se pode verificar que as estruturas urbanas ocuparam praticamente toda a microbacia. Em trabalhos de campo foi verificado que além das construções terem ocupado amplas áreas, ainda são circundadas por pisos e concretos, tornando cada terreno um local completamente impermeável, o que traz como consequência o impedimento de qualquer infil-

tração de água das chuvas e o escoamento da quase totalidade das águas precipitadas.

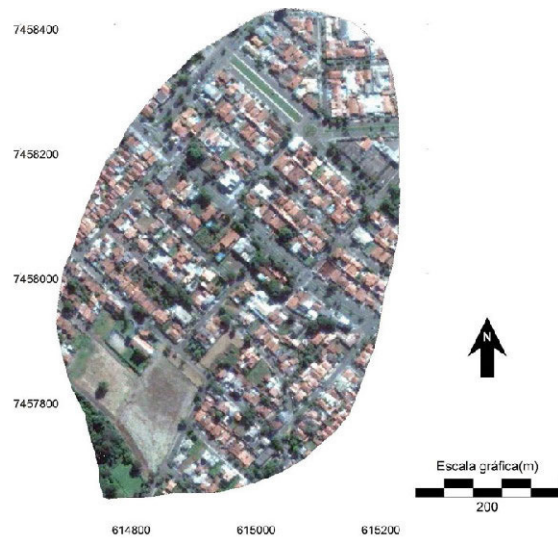


Figura 2 - Recorte da área estudada em 2014.

Posteriormente, os usos da terra dos dois anos avaliados foram classificados com o objetivo de facilitar as análises quantitativas e de permitir a visualização da distribuição das categorias de uso na microbacia. O resultado deste procedimento é apresentado na Figura 3 para o ano de 1972 e na Figura 4 para o ano de 2014.

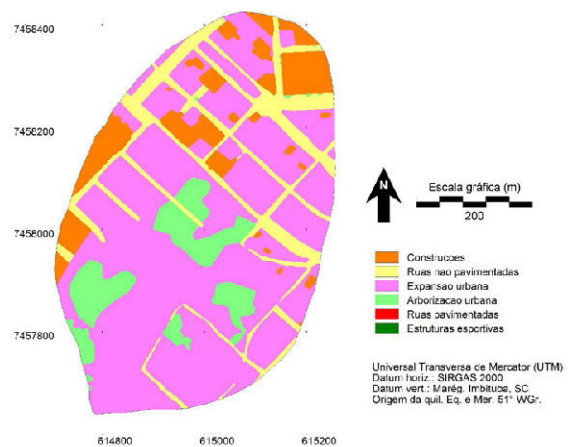


Figura 3 - Mapa de uso da terra classificado no ano de 1972.

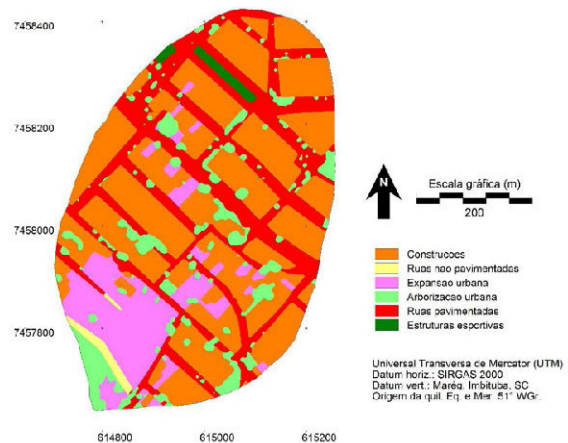


Figura 4 - Mapa de uso da terra classificado no ano de 2014.

As duas figuras demonstram o grau de ampliação do número de casas e demais estruturas construídas, bem como indicam o aumento das taxas de impermeabilização do solo. Pode-se verificar que no segundo ano analisado foi implantada estrutura esportiva de caminhadas e corridas ao noroeste da área, onde a população de Ourinhos pratica estes esportes.

A Figura 5 apresenta o resultado da aplicação do módulo LCM contido no Idrisi Taiga. Nela se verifica que houveram grandes transformações no uso da terra da microbacia (26,75 hectares ou 81,7%), em praticamente toda sua área. As únicas regiões que não sofreram mudanças foram aquelas com áreas construídas e a área localizada ao sul da microbacia onde a vegetação de gramíneas se manteve nas duas épocas avaliadas.

Esta constatação corrobora o exposto por Sampaio et al. (2014) que verificaram que as áreas urbanas estão entre as que mais sofrem alterações de padrão de cobertura do solo. Os autores afirmam que em função disso, estas devem receber atenção quanto à aplicação de modelagem espacial. Neste processo de modelagem, Veldkamp e Verburg (2004) apontam ser importante a compreensão da dinâmica da cobertura da terra nas áreas urbanas e a sua interação com as variáveis físicas, biológicas, econômicas e sociais da área estudada.

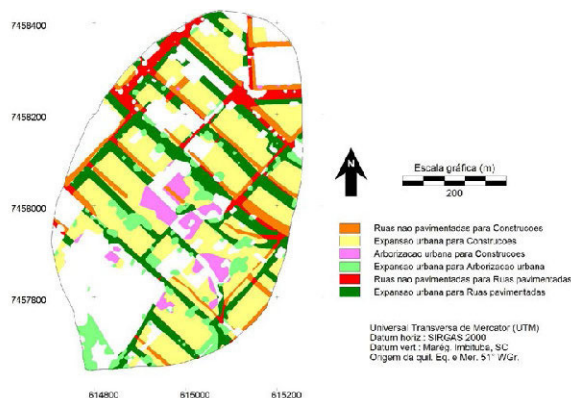


Figura 5 - Mudanças no uso da terra na área de estudo.

As análises apresentadas explicam as causas de alguns dos problemas ocorridos nos últimos anos na área estudada. Como exemplo, relata-se que no dia 25 de setembro de 2014 após uma chuva de aproximadamente 100 milímetros uma senhora foi arrastada pela água acumulada na superfície, enquanto realizava suas tarefas rotineiras dentro de casa.

Este episódio demonstra que o avanço das áreas impermeáveis sobre espaços que anteriormente permitiam infiltração de parte da água das chuvas, o que reduzia o escoamento superficial, influencia diretamente na concentração da água sobre o solo e no seu potencial destruidor. Na área de estudo, a cobertura do solo na década de 1970 era também mais rugosa, retendo por mais tempo a água que se concentrava na superfície (PIROLI, 2016). O mesmo autor diz que

à medida que ruas foram sendo asfaltadas e casas foram substituindo os espaços cobertos pela vegetação de gramíneas e arbustiva ocorrentes na época, a textura da superfície foi se tornando mais lisa, permitindo o escoamento mais rápido da água, fazendo com que a mesma se concentrasse em determinados pontos em velocidade maior do que aquela alcançada nas décadas anteriores (PIROLI, 2016).

A Figura 6 mostra o resultado da concentração da água na superfície da microbacia, no seu baixo curso.

Pirolí (2016) utilizando geotecnologias, representou com valores aproximados a quantidade de água que chegou à casa da moradora no momento em que ela foi arrastada. Considerando a área da microbacia que é de 32,7 hectares, ou 327.000 metros quadrados e a precipitação ocorrida imediatamente antes do episódio, que foi de em torno de 100 milímetros por aproximadamente uma hora, de acordo com dados de estações pluviométricas localizadas na região de Ourinhos. E, considerando-se ainda que não houve infiltração e tampouco evaporação, pois as chuvas ocorreram no início da noite, praticamente toda água precipitada, escoou superficialmente.



Figura 6 - Solo preparado, carregado pela água.

Assim, o autor considerando que na chuva de 100 milímetros caíram 100 litros de água por metro quadrado, verificou que na área da microbacia precipitaram 32.700.000 (trinta e dois milhões e setecentos mil litros de água), ou 32.700 metros cúbicos em um período de tempo muito curto (uma hora). Este volume, concentrado na superfície, adquiriu grande energia conseguindo arrastar a casa.

Este resultado confirma o exposto por Schueller (1987) que diz que em áreas urbanizadas o balanço hídrico é modificado, aumentando o escoamento superficial enquanto que o sub-superficial e o subterrâneo são reduzidos.

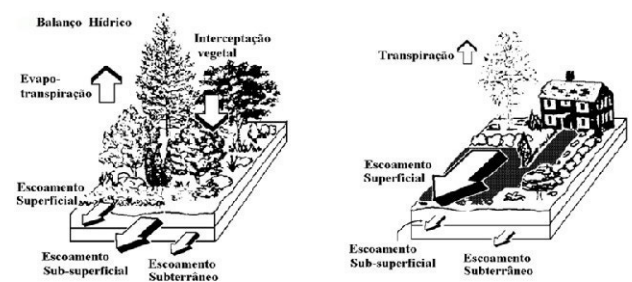


Figura 7 - Balanço hídrico em área natural e em área urbana.

A Figura 7 mostra ainda que os processos de interceptação vegetal e de evapotranspiração ficam prejudicados quando da substituição da cobertura natural pela antrópica, principalmente se esta não for adequadamente planejada.

IV. CONCLUSÕES

Após as análises e avaliações realizadas nesta pesquisa, é possível afirmar que as geotecnologias auxiliaram sobremaneira no estudo da área e na compreensão dos processos nela ocorrentes.

A partir da metodologia utilizada foi possível compreender as transformações ocorridas no uso da terra e as consequências destas mudanças no ciclo hidrológico. Além disso, levam

tou-se dados que permitiram a compreensão da dimensão dos desastres naturais que tem se intensificado na área da pesquisa e nas circunvizinhanças.

O módulo LCM presente no Sistema de Informações Geográficas Idrisi Taiga permitiu a análise automática das mudanças ocorridas na área fornecendo respostas aos questionamentos existentes na comunidade relativos ao que mudou para que as tragédias surgissem e comprometessem patrimônios e vidas.

O recorte espacial microbacia hidrográfica urbana demonstrou-se adequado para o estudo, permitindo que fossem detectadas as transformações no uso da terra e os impactos delas decorrentes. Isso comprova que esta unidade espacial é indicada para o planejamento e o manejo dos recursos naturais em cidades por ser delimitada pela natureza, e por favorecer assim, a integração de dados e informações acerca do espaço em análise.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO FILHO, J.C.; RIBEIRO, M.R. Infiltração de água em Cambissolos do Baixo Irecê (Ba). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Piracicaba, v.20, p.263-370, 1996.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do Solo*. São Paulo: Ícone, 1990. 355p.
- CÂMARA, G., DAVIS, C., CASANOVA, M. A., QUEIROZ, G. R. D. (Eds.) *Banco de dados geográficos*. Curitiba: Editora MundoGEO, 2005.
- CRIADO, R.C. *Mudanças no uso e na cobertura da terra em municípios do Pontal do Paranapanema de 1984 a 2014*. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Presidente Prudente, 2016.
- EMBRAPA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999. 412 p.
- FITZ, P. R. *Geoprocessamento sem complicação*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Manuais Técnicos em Geociências, número 7 - Manual técnico de uso da terra*. 3. Ed. Rio de Janeiro, 2013.
- JENSEN, J. R. *Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres*. Tradução: EPIPHANIO, J.C.N. (coordenador)...[et al.]. São José dos Campos: Parêntese, 2009.
- LANG, S., BLASCHKE, T. *Análise da paisagem com SIG*. Tradução Hemann Kux. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- LEPSCH, I. F. *Formação e conservação do solo*. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 178p.
- LILLESAND, T. M., KIEFER, R. W., CHIPMAN, J. W. *Remote sensing and image interpretation*. 5. ed. Hoboken: Wiley, 2004.
- LIU, W. T. H. *Aplicações de sensoriamento remoto*. Campo Grande: Ed. Uniderp, 2006.
- MOREIRA, M. A. *Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação*. 4. ed. Viçosa: Editora UFV, 2011.
- NASCIMENTO, M. C., SOARES, V. P., RIBEIRO, C. A. A. S., SILVA, E. *Uso do geoprocessamento na identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do rio Alegre, Espírito Santo*. *Ciência Florestal*, v.15, n.2, p.207-220, 2005.
- NOVO, E. M. L. *Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações*. São Paulo: Edgard Blucher, 1992.
- OLIVEIRA, J. B. et al. *Mapa pedológico do estado de São Paulo: legenda expandida*. Campinas: EMBRAPA, 1999. 64 p.
- PERROUX, K. M.; WHITE, I. *Designs for disc permeameters*. *Soil Science Society of America Journal*. v.52, p.1205-1215, 1988.
- PIROLI, E. L.; ISHIKAWA, D. T. K.; DEMARCHI, J. C. *Análise das mudanças no uso do solo da microbacia do córrego das Furnas, município de Ourinhos - SP, entre os anos de 1972 e 2007, e dos impactos sobre suas áreas de preservação permanente, apoiada em geoprocessamento*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR), 2011, Curitiba. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2011.
- PIROLI, E.L. *Água: por uma nova relação*. Jundiaí: Paco Editorial, 2016.
- REICHERT, J.M.; VEIGA, M. & CABEDA, M.S.V. *Selamento superficial e infiltração de água em solos do Rio Grande do Sul*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.16, p.289-298. 1992.
- ROSA, R. *Introdução ao sensoriamento remoto*. 7ª edição. Uberlândia: UFU, 2009.
- ROTH, C.H.; MEYER, B.; FREDE, H.G. *A portable rainfall simulator for studying factors affecting runoff, infiltration and soil loss*. *Catena*, v.12, p.79-85, 1985.
- SALES, L.E.O.; FERREIRA, M.M.; SILVA DE OLIVEIRA, M.; CURI, N. *Estimativa da velocidade de infiltração básica do solo*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v.34, n.11, p.2091-2095, 1999.
- SAMPAIO, D.M., ELMIRO, M.A.T., NÓBREGA, R.A.A. *Modelagem da dinâmica da expansão urbana no Vetor Norte da Região Metropolitana de Belo Horizonte e análises sobre as novas infraestruturas viárias previstas até 2031*. *Geografias*, Belo Horizonte, v. 10, n. 2, p. 78-99, 2014.
- SARTORI, A. A. da C., BARBOSA, A. P., PISANI, R. J., OLIVEIRA, F. G., ZIMBACK, C. R. L. *Mapeamento de conflitos de solo em áreas de preservação permanente na Bacia Experimental do Rio Pardo - São Paulo - Brasil*. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 14, 2009. Natal. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2009. p. 2809-2816.
- SCHUELLER, T. *Controlling Urban Runoff: A Practical Manual for Planning and Designing Urban BMPs*. 1987, apud CAMPO GRANDE. *Plano Diretor de Drenagem Urbana*. Relatório R10, 2008.
- SIMÕES, L. B. *Avaliação das áreas de preservação permanente da bacia do ribeirão Lavapés, Botucatu, São Paulo, através de sistema de informação geográfica (SIG-IDRISI)*. Botucatu, 1996. *Dissertação (Mestrado em Agronomia)*-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, 144p.
- VELDKAMP, T. A.; VERBURG, P. H. *Modelling land use change and environmental impact*. *Journal of Environmental Management*, n. 72, p. 1-3, 2004.
- ZANATA, J. M. *Mudanças no uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Bonito, municípios de Avaré e Itatinga - SP*. *Dissertação de mestrado*. Universidade Estadual Paulista, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Presidente Prudente, 2014.