

## **GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO ESTUDO DA EVOLUÇÃO DO USO DA TERRA E SEUS IMPACTOS SOBRE A INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS**

**EDSON LUÍS PIROLI<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Engenheiro Florestal, Doutor, Professor Adjunto, Câmpus de Ourinhos, UNESP, Ourinhos - SP, Fone: (5514) 3302 5702, e-mail: elp@ourinhos.unesp.br

Apresentado no  
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014  
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

**RESUMO:** A mudança no uso da terra em microbacias hidrográficas tem trazido consequências importantes sobre os recursos naturais, sobretudo em áreas urbanas. A ocupação do solo sem levar em consideração suas características e a impermeabilização de extensões consideráveis, traz o aumento do escoamento superficial das águas pluviais, que são direcionadas às áreas mais baixas do relevo com alto potencial erosivo. Nesta pesquisa buscou-se avaliar quais foram as mudanças no uso da terra da microbacia do córrego Água da Veada e quais os impactos relacionados à água foram causados. Foram usadas fotografias aéreas de 1972 e imagem do satélite Quickbird de 2006 atualizada com imagem disponível no Google Earth de 2013, processadas em ambiente SIG. Realizaram-se trabalhos de campo para avaliar in loco os impactos das modificações da cobertura da terra. Verificou-se que houve grande ampliação da área urbana, que substituiu áreas de pecuária e campestre, principalmente na cabeceira da microbacia, trazendo como consequência a diminuição da infiltração e a concentração superficial da água, potencializando processos erosivos e de assoreamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** sensoriamento remoto, mudança de uso da terra, microbacias hidrográficas

### **GIS APPLIED TO THE STUDY OF THE EVOLUTION OF LAND USE AND ITS IMPACTS ON WATER FLOW IN WATERSHEDS**

**ABSTRACT:** The change in land use in watersheds has brought important impact on natural resources, especially in urban areas. The occupation of land without regard to its features and waterproofing considerable extensions, brings increasing runoff of rainwater, which are targeted to areas with high erosion potential fogging. This research sought to assess what were the changes in land use of the watershed of the stream of Água da Veada and the impacts related to water. Aerial photographs from 1972 and Quickbird satellite image of 2006, updated with images available on Google Earth, 2013, processed in a GIS environment were used. Still developed fieldwork to evaluate in situ the impact of changes in land cover. It was found that there was a great expansion of the urban area, which has replaced farming and rural areas, especially in the headwaters of the watershed, bringing rise to a reduction of infiltration and surface water concentration, increasing erosion and sedimentation processes.

**KEYWORDS:** remote sensing, change in land use, watersheds

### **INTRODUÇÃO**

A superfície do planeta Terra tem sido modificada com intensidade e velocidade cada vez maior nas últimas décadas. Estas mudanças que em uma análise feita há 30 ou 40 anos indicavam sinais de progresso, hoje se mostram preocupantes em função dos impactos que tem trazido para

áreas cada vez mais amplas. Como consequência das mudanças, se podem observar em inúmeros locais de nosso país, processos erosivos e consequentes assoreamentos de rios. Embora estas sejam as consequências facilmente visíveis, existem outras que somente são sentidas em longo prazo ou em momentos incomuns, como a diminuição da infiltração de água no subsolo ou a ocorrência de inundações em períodos de chuvas intensas. Estes processos ocorrem potencializados em áreas urbanas, onde a impermeabilização de vastas extensões faz com que a água precipitada não consiga infiltrar, não formando reservatório subterrâneo, o que impacta a recarga do aquífero livre e consequentemente as nascentes e rios. Esta água ao não infiltrar escorre superficialmente, muitas vezes com grande energia devido ao relevo, causando erosões nas encostas e inundações nas regiões mais baixas, o que transtorna o trânsito e traz riscos e prejuízos pra toda sociedade. Além disso, o material transportado junto à água causa assoreamentos nos córregos e rios e pode contaminar os corpos d'água.

Estas condições são definidas pelas características do relevo de nosso país que de maneira geral, pode ser compartimentalizado em bacias, sub-bacias e microbacias. Estas últimas podem ser descritas como áreas da superfície terrestre delimitadas por um divisor de águas, onde a chuva cai e escorre para um mesmo córrego temporário ou perene. Um conjunto de microbacias forma uma sub-bacia e estas, somadas, formam as bacias hidrográficas. Assim, considera-se que a microbacia é a área ideal para análises ambientais como a desenvolvida nesta pesquisa por ser o espaço onde as relações entre as atividades humanas e os fluxos físico, químico e biológico ocorrem de maneira mais intensa e próxima. Desta forma, se considera que ao ser feito o manejo adequado por microbacias, o resultado somado abrangerá toda uma sub-bacia e posteriormente, o somatório destas, resultará em uma bacia manejada adequadamente.

Para que este manejo seja desenvolvido é necessário em primeiro lugar espacializar os diferentes usos e cobertura da terra na área de interesse. E, na sequência caracterizar as relações ocorrentes, suas causas e impactos. Para o mapeamento das características superficiais de uma microbacia se pode utilizar das técnicas e métodos do geoprocessamento, que de acordo com Piroli (2010) pode ser definido como geo (terra – superfície – espaço) e processamento (de informações – informática). E, que desta forma, se torna um ramo da ciência que estuda o processamento de informações georreferenciadas utilizando aplicativos (normalmente SIGs), equipamentos (computadores e periféricos), dados de diversas fontes e profissionais especializados. Este conjunto deve permitir a manipulação, avaliação e geração de produtos (geralmente cartográficos), relacionados principalmente à localização de informações sobre a superfície da terra.

Nesta pesquisa foram aplicadas técnicas e métodos de geoprocessamento para analisar o uso da terra na microbacia hidrográfica do Córrego Água da Veada nos anos de 1972 e 2013 e avaliar o impacto destas mudanças na infiltração de água no solo e no seu escoamento superficial.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Os materiais utilizados neste estudo foram um aerofotograma de 17/08/1972 na escala de 1:25.000 e uma imagem multiespectral do satélite Quickbird de 2006, com resolução espacial de 0,6 metros atualizada com imagem de alta resolução espacial disponível no Google Earth de 11/09/2013. Para apoio de campo e da georreferência, bem como para a vetorização da hidrografia utilizou-se a carta topográfica do IBGE, folha 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 foi usado o sistema de informações geográficas Idrisi Taiga. O mesmo aplicativo foi usado para a avaliação das mudanças de uso da terra entre as duas épocas através de seu módulo LCM (*Land Change modeler*), de acordo com o preconizado por Piroli et al (2011). O trabalho iniciou-se com a conversão do aerofotograma de analógico para digital e do ajuste no georreferenciamento das imagens, utilizando-se de coordenadas extraídas da carta topográfica da área. Na sequência, vetorizou-se o limite da microbacia, o córrego e a nascente sobre a carta topográfica digital georreferenciada.

Posteriormente foram elaborados os mapas de uso da terra, através da fotointerpretação do aerofotograma de 1972 e da interpretação visual da cobertura da imagem do satélite Quickbird. Os mapas gerados foram inseridos no módulo *Land Change Modeler* do Idrisi Taiga, e este gerou os 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 (2006), e foram adotadas em função das características predominantes na área de estudo, sendo elas: pecuária, lavoura permanente, lavoura temporária, campestre, área urbanizada, rodovia, sedes rurais e açude. Destaca-se que na categoria lavoura permanente no ano de 1972 foram inseridas áreas com plantações de café, com pomares e com reflorestamento de eucalipto. Já em 2013 nesta categoria foram inseridas apenas áreas com reflorestamento de eucalipto, uma vez que o café e os pomares já não existiam. Na categoria sedes rurais foram classificadas as áreas ocupadas com construções rurais, seus pátios, pequenas hortas e pequenos pomares. Na categoria Campestre foram inseridas as formações não-arbóreas, primárias ou secundárias que se caracterizam por um estrato predominantemente arbustivo, esparsamente distribuído sobre um tapete gramíneo-lenhoso.

As taxas de infiltração utilizadas nas análises para cada categoria de uso e cobertura da terra foram médias obtidas a partir de autores da área de hidrologia, como Cruciani (1987). O tipo de solo predominante na área é o Latossolo (EMBRAPA, 1999), constituído por material mineral, com horizonte B Latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte (OLIVEIRA, 1999). Estes são solos com perfis espessos, com mais de 3 metros de profundidade e de coloração avermelhada. A textura varia de argilosa a média. São, em geral, solos com boas propriedades físicas, de excepcional porosidade total, sendo comuns valores de 50-60 % e, conseqüentemente, de boa drenagem interna, mesmo nos de textura argilosa (LEPSCH, 2002). A declividade predominante na área de estudo varia entre 6 e 12%.

Embora se saiba que vários fatores condicionam o movimento de água no solo e a infiltração, conforme os autores Araújo Filho e Ribeiro (1996), a umidade 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, Reichert et al. (1992), o selamento superficial, para que este trabalho fosse desenvolvido, foi necessário estabelecer valores médios aproximados. Assim, as taxas de infiltração consideradas neste trabalho foram de 50% para pastagens (pecuária), 60% para lavoura permanente, 40% para lavoura temporária, 70% para campestre, 20% para área urbanizada, 5% para rodovia, 10% para sedes rurais e 0% para açude, em função de que esta área foi considerada saturada.

O cálculo das taxas de infiltração de água foi elaborado a partir da precipitação média na área de estudo multiplicada pela área total de cada uso e cobertura e pela sua porcentagem de infiltração nos dois períodos. A partir dos dados dos dois períodos obteve-se a diferença entre o valor que infiltrava em 1972 e aquele que infiltrava em 2013, indicando assim a quantidade de água que escorre superficialmente em função da diminuição das áreas de infiltração na microbacia analisada.

De posse deste conjunto de dados, na sequência foram analisados os impactos que estas mudanças trouxeram ao ambiente da área.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As análises relativas ao uso e cobertura da terra mostraram as mudanças ocorridas entre 1972 e 2013. Verificou-se que em 1972, a cobertura da terra era predominantemente composta por gramíneas destinadas à pecuária, com 167,6 hectares (ha), que cobriam 64,1 % da área. O segundo uso em termos de área abrangida era o campestre, que alcançava 35,4 ha (13,6%) da microbacia. Já em 2013 a maior parte da área estava ocupada por estruturas urbanas (Área urbanizada), cobrindo 92,7 ha ou 35,4% da microbacia. O segundo uso a ocupar mais área foi a pecuária, que cobria 88,5 ha (33,7%) A Tabela 1 apresenta o resultado obtido após a classificação do uso da terra nos anos de 1972 e 2013 em área (ha) e em porcentagem (%).

Tabela 1 – Área ocupada por cada uso da terra em 1972 e 2013 e seus respectivos percentuais de cobertura.

Categoria de uso	Área (ha) - 1972	(%) – 1972	Área (ha) - 2013	(%) – 2013
Pecuária	167,6	64,1	88,5	33,7
Lavoura permanente	17,6	6,8	43,5	16,6
Lavoura temporária	24,9	9,1	24,5	9,4
Campestre	35,4	13,6	1,4	0,5
Área urbanizada	9,9	3,9	92,7	35,4
Rodovia	2,3	0,9	3,2	1,2
Sede rural	4,0	1,5	8,1	3,1
Açude	0,2	0,1	0,0	0,0
Total	261,9	100	261,9	100,00

As Figuras 1 e 2 mostram os mapas de uso e cobertura da terra nos anos de 1972 e 2013, respectivamente. Neles se pode observar que as regiões da cabeceira da microbacia eram ocupadas por lavouras permanentes (predominantemente de café), pecuária e pela categoria campestre no ano de 1972. Já em 2013 a cabeceira estava na sua maior parte ocupada pela área urbana dos bairros Jardim Brilhante e Jardim das Paineiras.

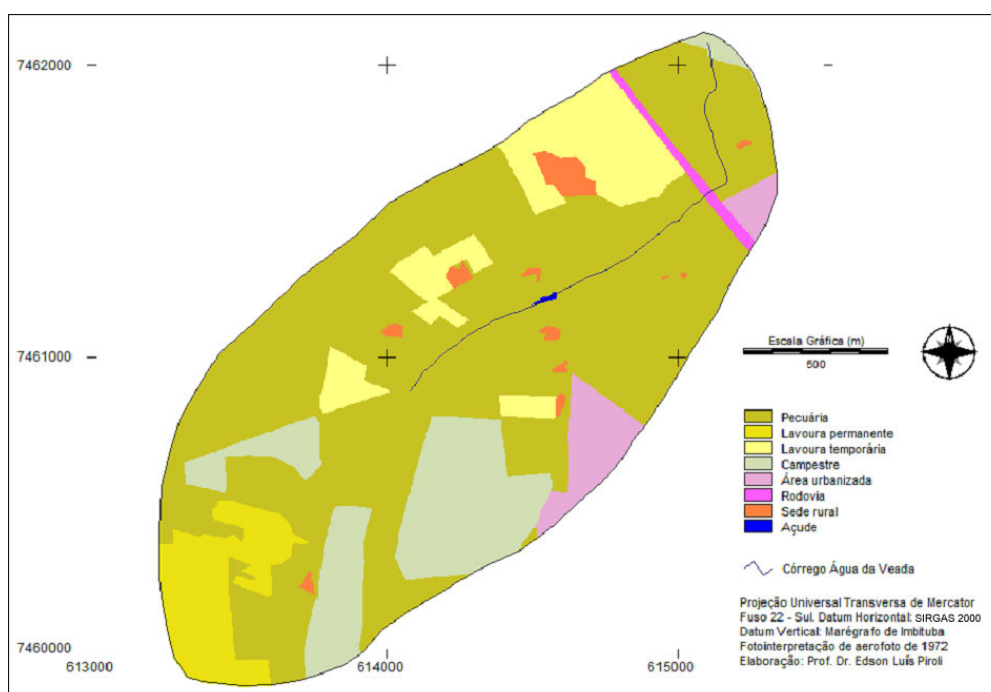


Figura 1 – Mapa de uso da terra na microbacia do Córrego Água da Veadas em 1972.

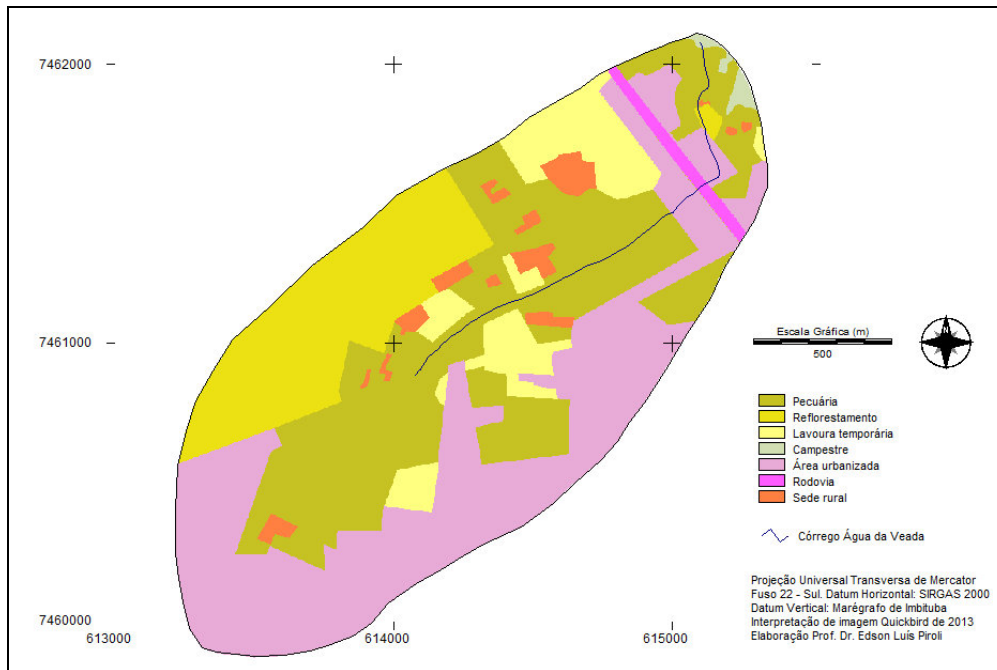


Figura 2 – Mapa de uso da terra na microbacia do Córrego Água da Veada em 2013.

A Figura 3 apresenta o gráfico de ganhos e perdas entre o período estudado. As barras da direita representam os ganhos obtidos por cada classe de uso da terra e as barras da esquerda representam as perdas das categorias entre os anos de 1972 e 2013. Na Figura 3 se pode observar que o uso da terra que mais se ampliou foi a área urbanizada e o uso que mais perdeu área foi a pecuária.

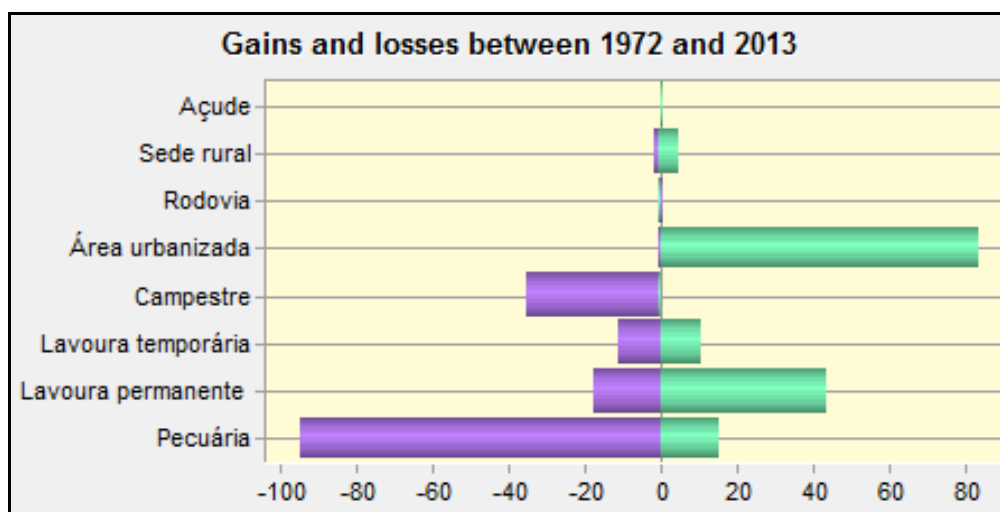


Figura 3 – Ganhos e perdas de cada categoria de uso da terra no período estudado.

A partir destes dados foram calculados os valores teóricos de infiltração de água nas condições deste trabalho para um ano considerando-se a média de chuva da área de estudo de 1.356,8 mm (Unicamp, 2014) e considerando-se uma distribuição normal ao longo do ano, sem períodos de alta precipitação concentrada. Desta forma, os cálculos foram elaborados sobre a base do volume total de precipitação de 13.560 m<sup>3</sup>/ha/ano e considerando os percentuais médios para cada cultura. Os resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Área total ocupada por cada uso e cobertura e respectiva infiltração dada em m<sup>3</sup>/ano.

Categoria de uso	Área (ha) - 1972	Infiltração/ano (m <sup>3</sup> )	Área (ha) - 2013	Infiltração/ano (m <sup>3</sup> )
Pecuária	167,6	1.136.328,00	88,5	600.030,00
Lavoura permanente	17,6	143.193,60	43,5	353.916,00
Lavoura temporária	24,9	135.057,60	24,5	132.888,00
Campestre	35,4	336.016,80	1,4	13.288,80
Área urbanizada	9,9	26.848,80	92,7	251.402,40
Rodovia	2,3	1.559,40	3,2	2.169,60
Sede rural	4,0	5.424,00	8,1	10.983,60
Açude	0,2	0,00	0,0	0,00
Total	261,9	1.784.428,20	261,9	1.364.678,40

Conforme pode ser observado na Tabela 2, a mudança no uso e cobertura da terra no período avaliado diminuiu o volume de água infiltrada na área da microbacia estudada em 419.749,80 m<sup>3</sup>, ou seja, 23,5% do valor que infiltrava em 1972 passou a escoar superficialmente com as alterações no uso da terra. Deve-se considerar que nem toda água que deixa de infiltrar escoará superficialmente, podendo parte dela evaporar e parte ser retida em estruturas das mais diversas. Porém precisa-se destacar que os valores aqui obtidos podem mudar em função da concentração das chuvas, uma vez que de acordo com Panachuki (2003) na medida em que aumenta o valor da intensidade de precipitação, diminui o valor da taxa de infiltração estável, o que aumenta o escoamento superficial. Ou seja, os valores de água escoada podem ser maiores se ocorrerem períodos de chuva intensa e concentrada. Este resultado explica o que foi observado na fotografia aérea, nas imagens de satélite e em campo, uma vez que conforme se pode ver na Figura 4 o fundo de vale da microbacia em 1972 não apresentava nenhum sinal de erosão, e em 2006 apresentava processo erosivo visível que surgiu após a implantação dos bairros localizados na região da sua cabeceira.



Figura 4 – Fotografia aérea de 1972 (a) e imagem do satélite Quickbird de 2006 (b) da cabeceira da microbacia do Córrego Água da Veada.

Na Figura 5 é possível visualizar a erosão a partir de imagem de satélite disponível no Google Earth, de 2013 (a) e na fotografia obtida em um dos pontos do processo erosivo. Na fotografia podem ser vistos os barrancos da erosão formados pelo atrito com as águas e também o assoreamento que ocorre no fundo da calha, mostrando que o processo de desgaste e deposição é tão intenso que ao mesmo tempo em que há erosão, também ocorre o assoreamento, e em momentos de precipitações mais intensas a camada depositada é levada para outro ponto à jusante, até chegar

ao leito do rio Pardo onde o córrego Água da Veada deságua.

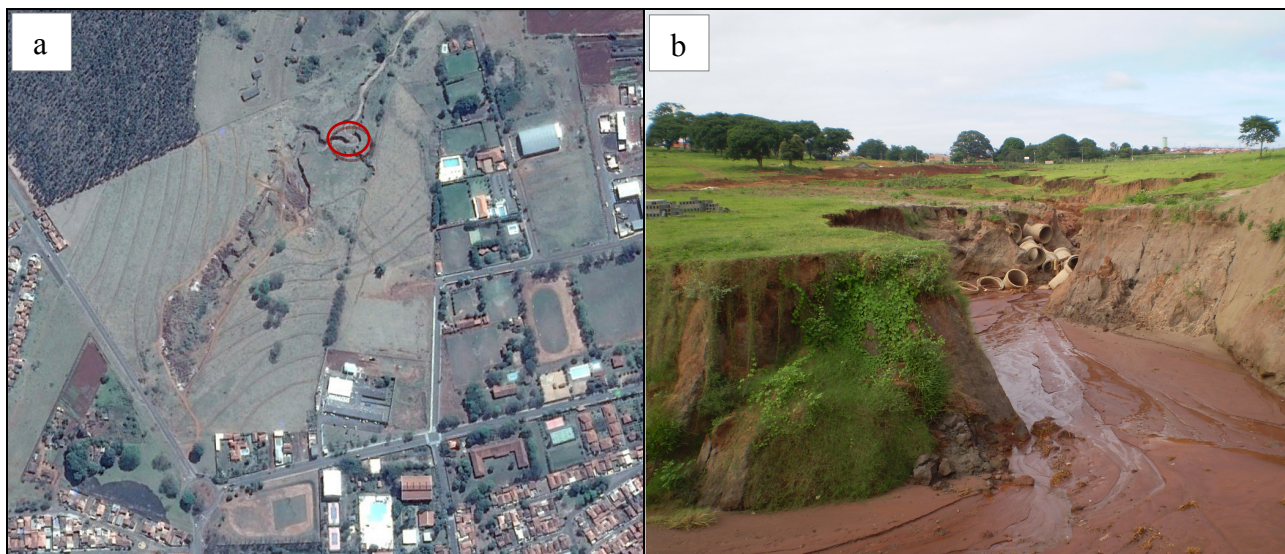


Figura 5 – Imagem de satélite de 11/09/2013 disponível no Google Earth (a). Fotografia da área a montante da nascente do Córrego Água da Veada obtida em 10/12/2012 (destacada no círculo).

Na Figura 5, letra a, se pode observar a tentativa da prefeitura de Ourinhos de recuperação da área erodida à montante da nascente do córrego, logo a jusante da Avenida Vitalina Marcusso. Nesta tentativa que está sendo realizada desde meados de 2010, o local tem sido usado como depósito para todo tipo de entulhos e restos urbanos. No entanto, o procedimento não tem se mostrado eficaz, uma vez que surgem novas erosões em quase todas as chuvas que ocorrem com maior intensidade. Além disso, há o risco de contaminação das águas do córrego e do solo com os materiais ali depositados.

Após a realização de todas as análises deste trabalho os resultados mostram que a proteção dos recursos naturais precisa ser feita considerando-se o sistema onde estes estão inseridos. No caso da proteção da água e do solo, a unidade ideal para o planejamento e a gestão é a bacia hidrográfica em função de que esta foi definida pela própria natureza ao longo de seu processo evolutivo. Já a unidade ideal para o manejo destes recursos naturais é a microbacia, uma vez que esta é a menor unidade dentro do sistema bacia hidrográfica. A água que precipita sobre a área de uma microbacia, se não for infiltrada, escorrerá para as regiões mais baixas. E, neste caso, quanto maiores forem as declividades, maior será a energia carregada pela água e maior será o potencial de destruição do solo. Além disso, a água acumulada superficialmente causa inundações e traz riscos e prejuízos para a comunidade. Para que a água infiltre em quantidades próximas daquelas originalmente infiltradas, é preciso que as microbacias sejam manejadas como um organismo único, mantendo-se a maior cobertura vegetal arbórea possível, preferencialmente a floresta nativa da região. Mas, em casos onde a cobertura natural foi extirpada na sua totalidade, como é o caso da microbacia em análise, é preciso que os gestores conheçam as características físicas e biológicas da área e implantem os usos de acordo com a capacidade e o potencial da mesma.

Deve-se evitar a ocupação intensiva das regiões dos divisores de água das microbacias uma vez que é nestas regiões que a água que precipita com as chuvas tem que infiltrar para recarregar o aquífero livre e ser armazenada no solo para os períodos de estiagem e para servir de abastecedor das nascentes e consequentemente dos córregos e rios. Quando esta água não consegue infiltrar em consequência da impermeabilização, ela escorrerá superficialmente, adquirindo velocidade e volume, causando processos erosivos nas encostas, assoreamento nas baixadas e inundações nos vales.

## CONCLUSÕES

Nas condições em que esta pesquisa foi realizada e a partir do método utilizado se pode afirmar que:

- As técnicas do geoprocessamento foram eficazes para o mapeamento das características de uso e cobertura da terra e para as análises das mudanças ocorridas entre os dois períodos estudados. O módulo Land Change Modeler possibilitou os cruzamentos de dados necessários para identificar e mapear as transformações ocorridas na área

- As mudanças ocorridas na microbacia hidrográfica do córrego Água da Veada entre os anos de 1972 e 2013 foram grandes e trouxeram impactos ambientais importantes na área sobretudo relacionados a um importante processo erosivo e ao assoreamento do leito do córrego.

- A utilização de valores médios de taxas de infiltração de água forneceu indicações importantes sobre a relação precipitação/infiltração/escoamento superficial e sobre o surgimento de processos erosivos e de assoreamento.

## 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.

CRUCIANI, D. E. **Drenagem na agricultura**. São Paulo: Nobel, 1987.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999. 412 p.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação do solo**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 178p.

OLIVEIRA, J. B. et al. **Mapa pedológico do estado de São Paulo**: legenda expandida. Campinas: EMBRAPA, 1999. 64 p.

PANACHUKI, E. Infiltração de água no solo e erosão hídrica, sob chuva simulada, em sistema de integração agricultura-pecuária. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Dourados, 2003.

PERROUX, K. M.; WHITE, I. Designs for disc permeameters. **Soil Science Society of America Journal**. v.52, p.1205-1215, 1988.

PIROLI, E. L. **Introdução ao geoprocessamento**. Ourinhos: Unesp/Campus Experimental de Ourinhos, 2010.

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.

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.

ROTH, C.H.; MEYER, B.; FREDE, H.G. A portable rainfall simulator for studying factors affecting runoff, infiltration e 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.

UNICAMP. **Clima dos municípios paulistas**. Disponível em: [http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima\\_muni\\_393.html](http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_393.html). Acesso em 21/04/2014.