



ANÁLISE TEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA DO CÓRREGO DAS PALMEIRAS EM RIBEIRÃO PRETO - SP

Matheus Felipe Oliveira¹

Gabriel Ferreira Damasceno²

Célia Regina Paes Bueno³

RESUMO: O presente trabalho visa mostrar as mudanças ocorridas na bacia do córrego das Palmeiras, localizado no município de Ribeirão Preto, estado de São Paulo. A geologia da área é composta por arenitos da formação Botucatu, afloramento onde ocorre a recarga direta do aquífero Guarani por meio da precipitação, portanto, uma área de alta vulnerabilidade natural. A análise foi realizada com a utilização do Sistema de Informação Geográfica Idrisi Taiga e imagens de satélite dos anos de 2003 e 2013, das séries Landsat 7 e Landsat 8 respectivamente. Com a ferramenta *Land Change Modeler* foi possível determinar os ganhos e perdas nas classes de uso e ocupação do solo da bacia. Foi observado um crescimento urbano além do surgimento do assentamento Mário Lago, que reduziu a cultura anual modificando o uso do solo próximo ao bairro das Palmeiras. Houve diminuição nas áreas com solo exposto e um aumento em áreas que apresentam solo com palhada, resultado da substituição de práticas convencionais no manejo do solo por práticas conservacionistas. Uma mudança significativa foi o acréscimo de áreas florestadas, abrangendo em grande parte às margens do córrego das Palmeiras.

Palavras chave: Uso e ocupação do solo. Aquífero Guarani. Sensoriamento remoto.

INTRODUÇÃO

¹Mestrando em Ciência do Solo (Agronomia) pela Unesp FCAV – Campus de Jaboticabal. mtf_matheus@hotmail.com

²Mestrando em Ciência do Solo (Agronomia) pela Unesp FCAV – Campus de Jaboticabal. gabriel_d_geo@hotmail.com

³ Professora Assistente Doutora do curso de Agronomia da Unesp FCAV - Câmpus de Jaboticabal. crbueno@fcav.unesp.br



O crescimento da população urbana gera uma pressão crescente por recursos naturais tais como a água e o solo, este na qual é ocupado com o avanço sobre áreas de vegetação nativa para o estabelecimento de moradias e para a agricultura na produção de alimentos.

A demanda por recursos naturais finitos não é acompanhada pela conservação e preservação dos mesmos. Nos últimos anos passou-se a debater a sobre a disponibilidade de água tanto de maneira qualitativa quanto quantitativa.

Os solos vem sofrendo perdas irreparáveis devido a falta de manejo adequado, causando danos às suas propriedades físicas e químicas. Os danos extrínsecos como os resultantes de processos erosivos, provocam o transporte de sedimentos para os cursos hídricos e também a impermeabilização do solo com a formação de crostas superficiais, com consequências na recarga de aquíferos.

Há uma preocupação cada vez maior com a preservação dos recursos hídricos e também com a adequação ao uso e ocupação do solo, sendo as técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto uma ferramenta fundamental para no planejamento e gestão.

O Sensoriamento Remoto segundo Jensen (2009) consiste na aquisição de informações de uma determinada região sem contato direto, por meio de instrumentos como aeronaves ou satélites e a análise da informação adquirida por meio visual ou por processamento digital de imagem.

A criação de uma série temporal de imagens de satélite permite analisar as mudanças no uso e ocupação do solo ocorridas em uma determinada área. A difusão de imagens de satélite, principalmente com a série Landsat, em constante renovação e disponibilização gratuita, possibilita o desenvolvimento de pesquisas nas mais diversas áreas.

O objetivo do trabalho é analisar as mudanças ocorridas no período de 2003 e 2013 e avaliar as significativas mudanças nas áreas de recarga do aquífero Guarani na bacia do córrego das Palmeiras, localizada no município de Ribeirão Preto, estado de São Paulo.

DESENVOLVIMENTO



A bacia do Córrego das Palmeiras possui aproximadamente 31km² e está inserida na zona leste do município e em trechos da zona norte. Em sua área ocorrem afloramentos do arenito da formação Botucatu (FIGURA 1).

O Sistema Aquífero Guarani no estado de São Paulo é constituído pelas formações Botucatu e Pirambóia que juntas com os derrames basálticos da Formação Serra Geral, integram a unidade estratigráfica do grupo São Bento que se encontra na Bacia Sedimentar do Paraná. (Silva et al., 2008)

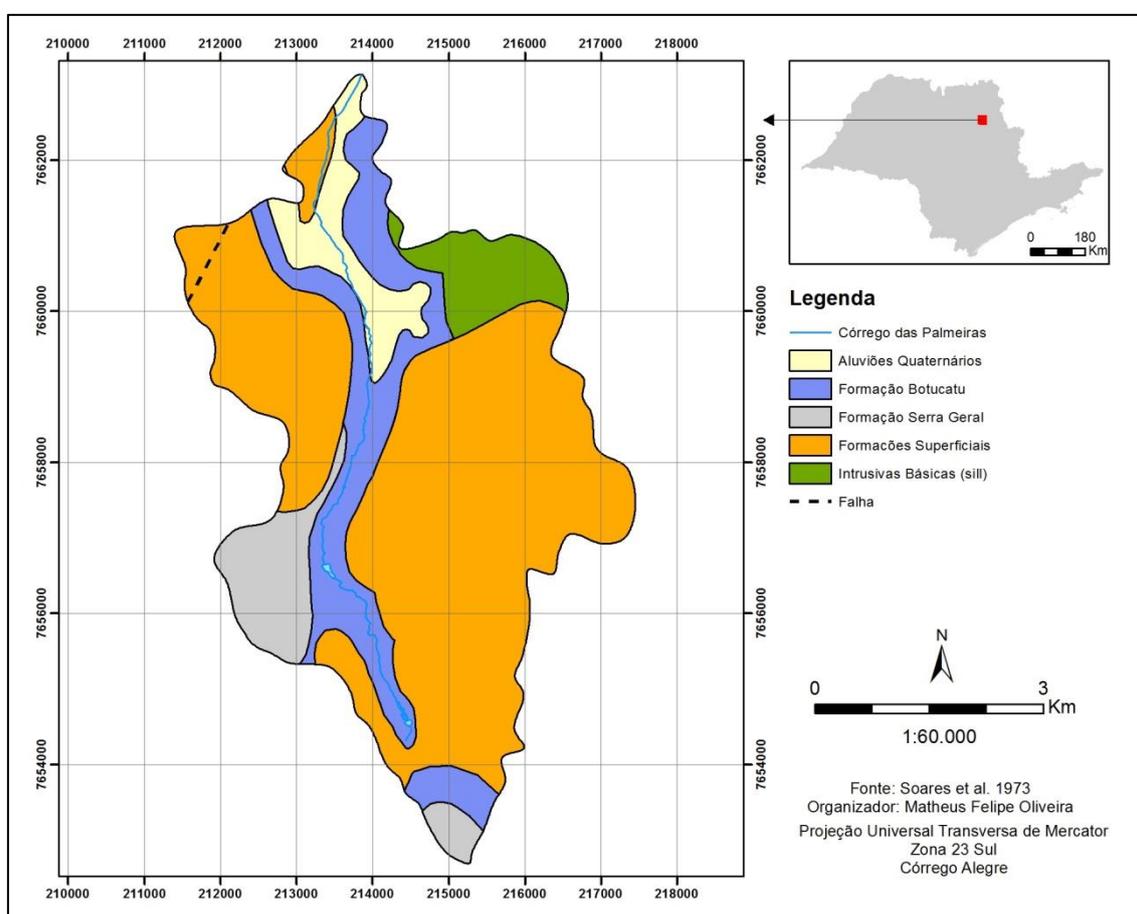


Figura 1. Mapa Geológico da bacia do Córrego das Palmeiras em Ribeirão Preto – SP.
Fonte: Adaptado de Soares et al. (1973)

A Formação Pirambóia é de origem fluvial, sendo constituída por arenitos intercalados com camadas de siltito e folhelho, com arenitos de granulação média a muito fina com 20% de teor de silte e argila.



A Formação Botucatu possui arenitos de granulação fina e média, não ultrapassando a espessura de 80m na região de Ribeirão Preto. O teor de silte e argila é inferior a 10%. (Ferreira, 1992; Silva et al., 2008)

A Formação Serra Geral é constituído de rochas basálticas originadas a partir de atividades magmáticas fissurais. Seu armazenamento de água ocorre por meio de fissuras.

Entre Ribeirão Preto e Cássia dos Coqueiros se encontra o afloramento do Aquífero Guarani, que devido as altas cotas altimétricas (800m), constituem em umas das áreas de recarga do aquífero no estado de São Paulo. (Villar, 2008)

As Formações Botucatu e Pirambóia se concentram nas zonas leste e nordeste do município, onde ocorre a recarga direta do aquífero através da precipitação. Nas demais regiões encontram-se as rochas da Formação Serra Geral. A bacia do Córrego das Palmeiras apresenta as seguintes formações geológicas: Aluviões Quaternários, Formação Botucatu, Formação Serra Geral, Formações Superficiais Cenozóicas e Intrusivas Básicas.

De acordo com a adaptação do Mapa Pedológico semi-detalhado (FIGURA 2) de Oliveira & Prado (1983) para o novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013), os tipos de solo encontrados na bacia do Córrego das Palmeiras são: Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho Amarelo, Neossolo Quartzarênico, Neossolo Litólico, Cambissolo Háplico e Gleissolo Háplico (FIGURA 2 e TABELA 1).

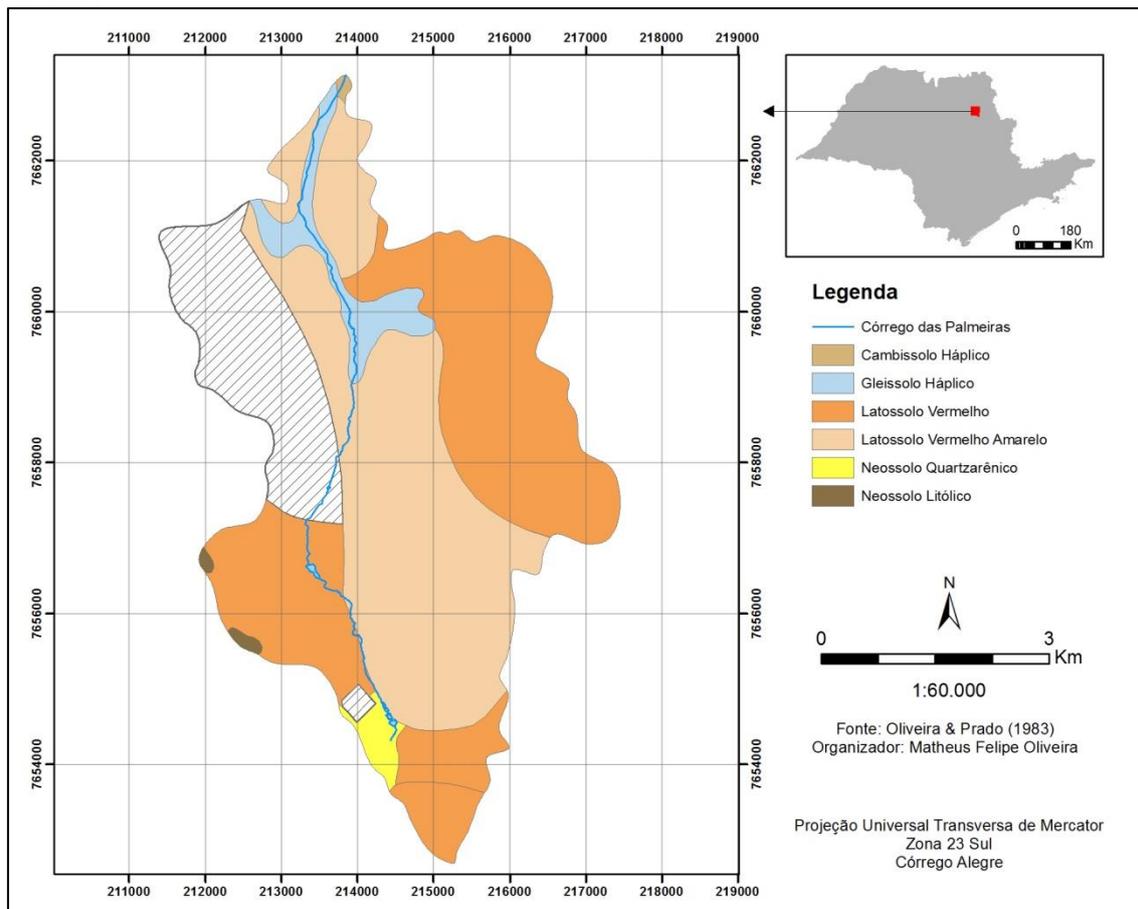


Figura 2. Mapa pedológico da bacia do Córrego das Palmeiras em Ribeirão Preto – SP.
Fonte: Adaptado de Oliveira e Prado (1983).

Tabela 1 - Distribuição dos tipos de solo na bacia do Córrego das Palmeiras.

Tipo de Solo	Área (ha)	%
Área Urbana	491,122	15,65
Cambissolo Háplico	4,96216	0,16
Gleissolo Háplico	149,423	4,76
Latossolo Vermelho	1227,96	39,14
Latossolo Vermelho Amarelo	1207,57	38,49
Neossolo Litólico	11,8938	0,38
Neossolo Quartzarênico	44,7128	1,43
Total	3137,64	100,00



Em 2003, foi implantado o Projeto Piloto Ribeirão Preto, sendo uma das quatro áreas integrantes do “Projeto de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aquífero Guarani”, comandado pela Organização dos Estados Americanos (OEA).

A escolha de Ribeirão Preto para a implantação do Projeto Piloto ocorreu devido a necessidade de um estudo mais detalhado do município, que possui um alto crescimento urbano, aumento de atividades agrícolas e industriais, resultando em uma demanda crescente por água no município, na qual o aquífero Guarani é a única fonte de abastecimento oferecida pelo setor de saneamento.

Segundo a Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Regional (Governo do Estado de São Paulo, 2012) em 2010 o município registrou um grau de urbanização superior a 99,7%. A taxa de crescimento populacional, no período de 2000-2010, foi de 1,82% ao ano, número acima da média estadual.

A escolha da série temporal iniciando no período de 2003 se deve ao fato de ser o ano de criação do Projeto Piloto Ribeirão Preto, que teve seu término em 2008, sendo possível assim analisar se houveram mudanças significativas na preservação das áreas de recarga na zona leste da cidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a elaboração do presente estudo foram usadas imagens de satélite Landsat, das séries 7 e 8, contendo as características especificadas na tabela 2.



Tabela 2 - Especificações dos satélites Landsat 7 e Landsat 8

Landsat 7			Landsat 8		
Banda	Comprimento de onda (μm)	Resolução (m)	Banda	Comprimento de onda (μm)	Resolução (m)
Band 1 Blue	0.45 – 0.52	30	Band 1 Coastal	0.43 – 0.45	30
Band 2 Green	0.52 – 0.60	30	Band 2 Blue	0.45 – 0.51	30
Band 3 Red	0.63 – 0.69	30	Band 3 Green	0.53 – 0.59	30
Band 4 NIR	0.77 – 0.90	30	Band 4 Red	0.64 – 0.67	30
Band 5 SWIR 1	1.55 – 1.75	30	Band 5 NIR	0.85 – 0.88	30
Band 7 SWIR 2	2.09 – 2.35	30	Band 6 SWIR 1	1.57 – 1.65	30
Band 8 Pan	0.52 – 0.90	15	Band 7 SWIR 2	2.11 – 2.29	30
			Band 8 Pan	0.50 – 0.68	15
			Band 9 Cirrus	1.36 – 1.38	30
Band 6 TIR	10.40 – 12.50	30/60	Band 10 TIRS 1	10.6 – 11.19	100
			Band 11 TIRS 2	11.5 – 12.51	100

A imagem utilizada para o ano de 2003 foi capturada no mês de abril, e a imagem do ano de 2013 foi capturada no mês de julho. Essa escolha se justifica pela ocorrência do período seco nos trópicos durante o os meses de abril a outubro, podendo assim diferenciar com um maior detalhamento as áreas florestadas.

Foram realizadas composições coloridas RGB 432 para a imagem do ano de 2003 e RGB 543 para a imagem do ano de 2013, utilizando o software Idrisi Taiga e as imagens de satélite da série Landsat.

Após a composição de bandas, iniciou-se o processo de segmentação, que consiste na definição de unidades no mapa ao invés da análise individual de pixels, fragmentando a imagem em áreas homogêneas. Neste processo as regiões adjacentes mais similares são mescladas segundo o nível de cinza do pixel, textura e contraste. (WOODCOCK et al., 1994)

Por meio da classificação supervisionada, escolheu-se assinaturas espectrais segundo os fragmentos gerados pelo processo de segmentação. Na classificação supervisionada, coberturas de solo são identificadas a partir do seu padrão de resposta espectral, onde o aplicativo associa cada pixel da imagem a assinatura mais similar. (PIROLI, 2010)



O método estatístico utilizado na classificação das imagens foi o de máxima verossimilhança, em que os valores de reflectância de uma área são descritos por uma função de densidade de probabilidade, fundamentado na estatística Bayesiana. Este modelo verifica a probabilidade que um píxel tem de pertencer a uma determinada classe e o classifica na categoria de maior probabilidade. (PIROLI, 2010)

A ferramenta *Land Change Modeler* que integra o software Idrisi tem a função de analisar as mudanças no uso do solo entre duas datas distintas, avaliando perdas e ganhos nas classes de uso.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os gráficos gerados pela ferramenta *Land Change Modeler* podem ser observados nas figuras 3 e 4.

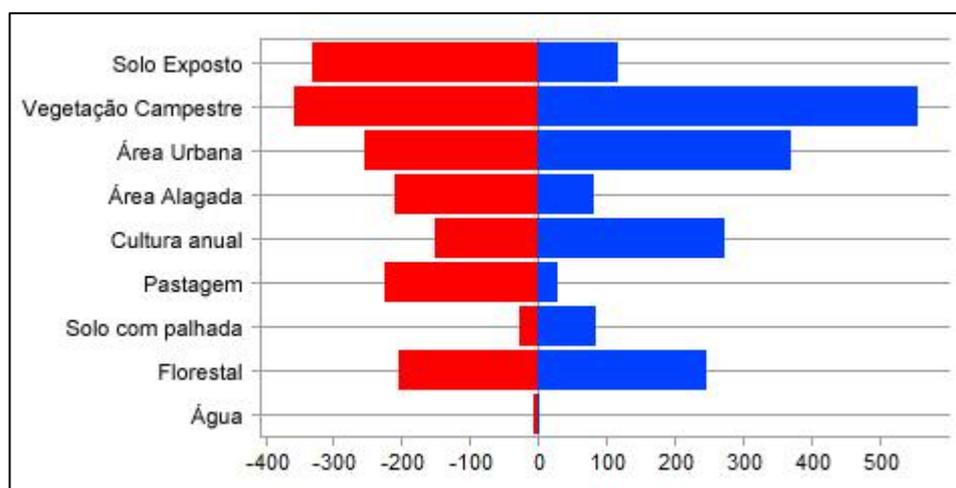


Figura 3 – Gráfico de perdas e ganhos em hectares entre 2003 e 2013.

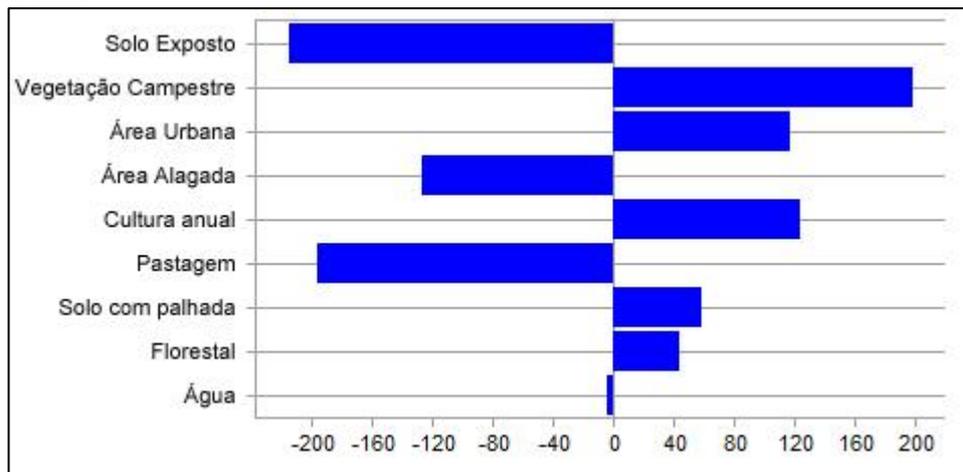


Figura 4 – Gráfico da variação líquida por classes de uso em hectares entre 2003 e 2013.

Por meio da análise dos gráficos (FIGURAS 3 e 4) e dos mapas (FIGURAS 4 e 5) pode-se constatar um relativo aumento: das áreas florestadas (8,14%); da área de solo com palhada (226,74%); de cultura anual (73,25%); de área urbana (13,46%); de vegetação campestre (28,25%); além da diminuição de solos expostos (-59,36%). Esses dados podem ser visualizados na tabela 3.

Tabela 3 – Distribuição dos tipos de uso entre os anos de 2003 e 2013.

Tipo de Uso	2003	2013	%
	hectares		
Água	12,17	5,76	-52,671
Florestal	532,09	575,38	8,14
Solo com palhada	26,14	85,41	226,74
Pastagem	235,04	33,64	-85,69
Cultura Anual	169,03	292,86	73,25
Área Alagada	228,96	112,24	-50,98
Área Urbana	854,3	969,33	13,46
Vegetação Campestre	712,42	913,7	28,25
Solo Exposto	367,49	149,32	-59,36
Total	3137,6	3137,64	

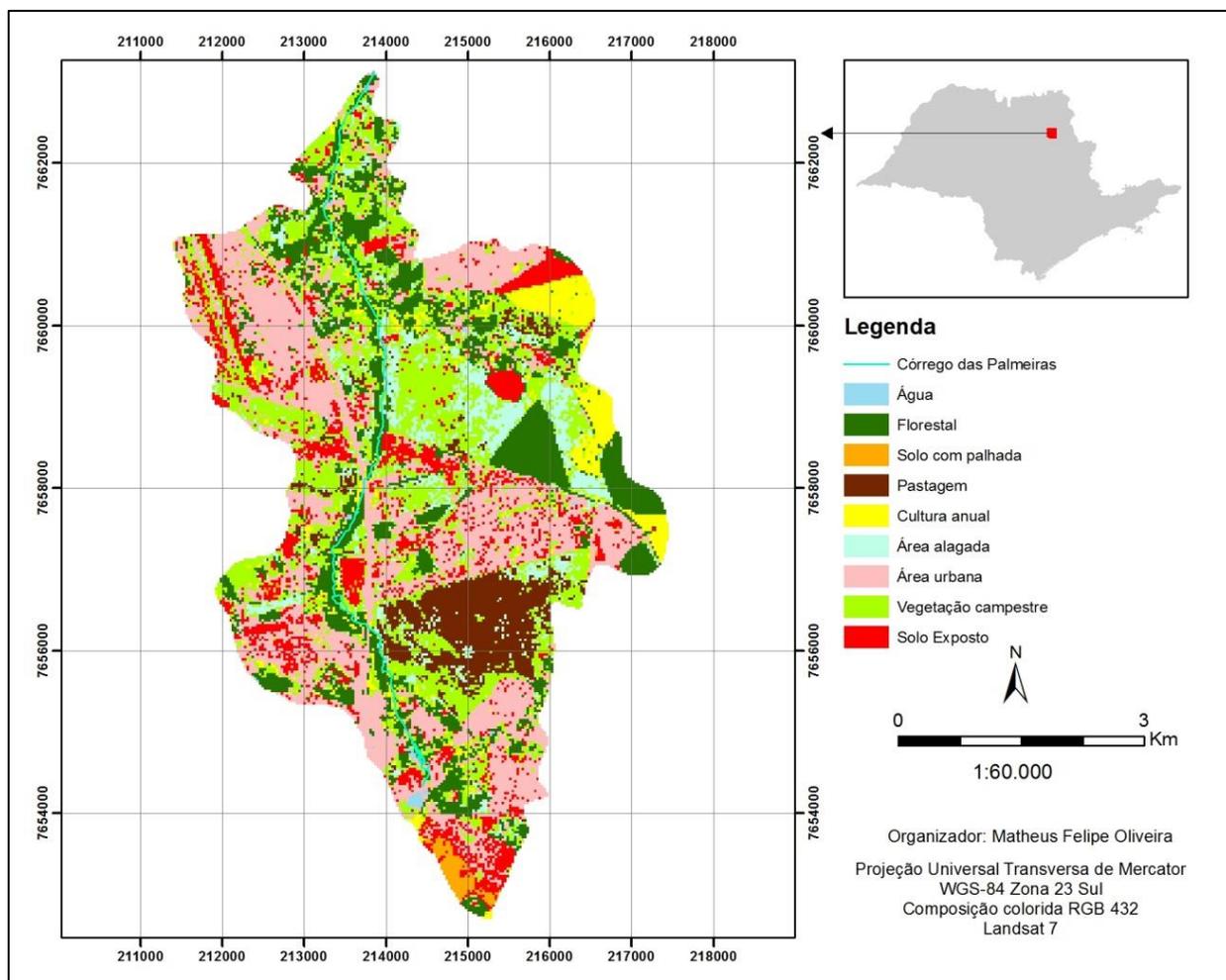


Figura 5 – Uso e ocupação do solo na bacia do córrego das Palmeiras em Ribeirão Preto no ano de 2003.

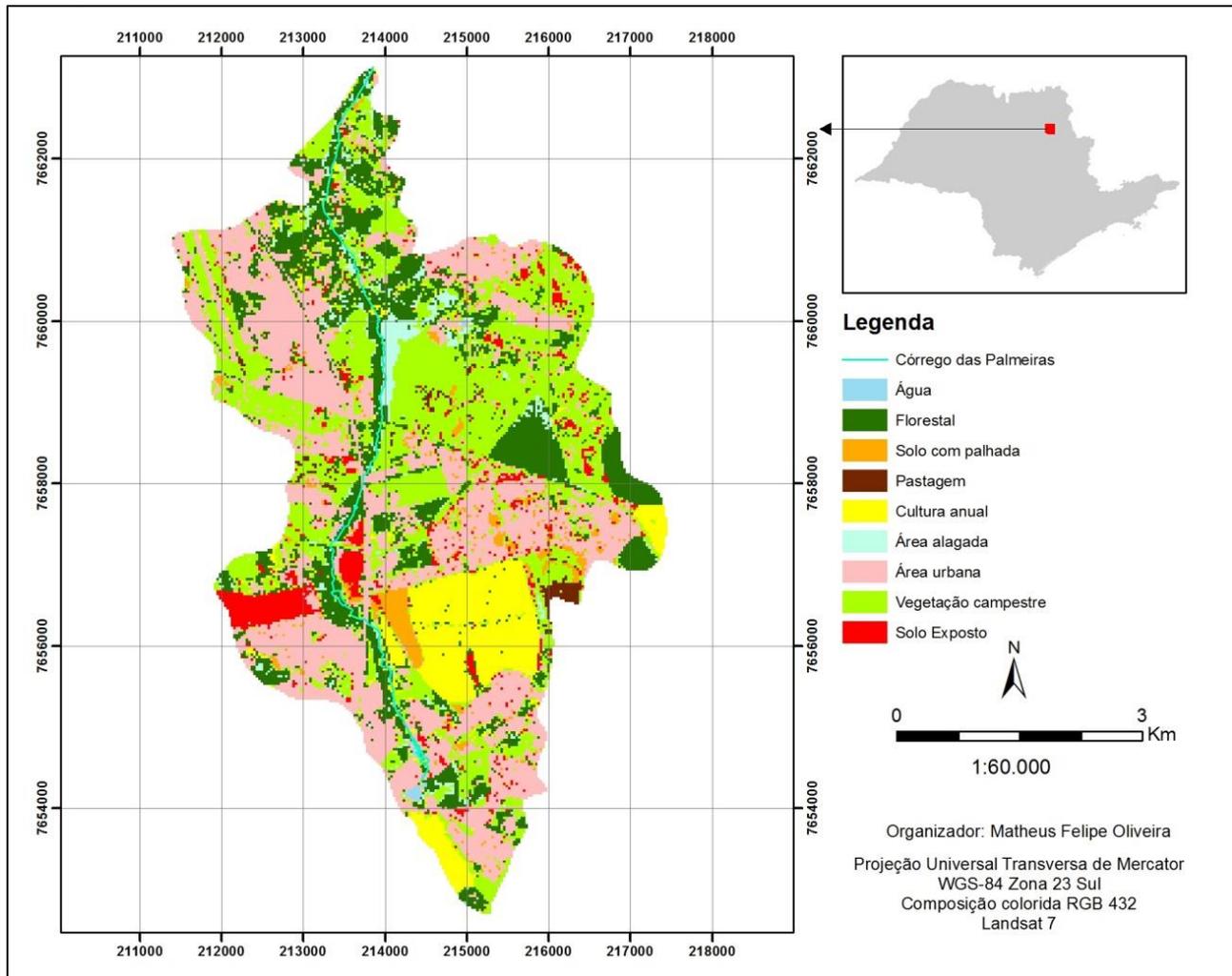


Figura 6 – Uso e ocupação do solo na bacia do córrego das Palmeiras em Ribeirão Preto no ano de 2013.

O código florestal instituído pela Lei nº 4.777/65, estabelece um padrão de cursos hídricos com até 10 metros de largura uma faixa mínima de 30 metros de mata ciliar, que constitui uma Área de Preservação Permanente - APP. (BRASIL, 1965)

Com essa pressão crescente pela preservação dos cursos hídricos, pode-se observar no período analisado um acréscimo nas áreas florestadas, sobretudo nas margens do córrego das Palmeiras. Outra constatação deste acréscimo observa-se com a diminuição da classe água, ocorrida pela cobertura vegetal do córrego, dificultando sua detecção pelos sensores de satélite.



A redução na classe solo exposto e crescimento da classe solo com palhada se deve em grande parte pela adoção de práticas conservacionistas no preparo do solo.

A prática conservacionista de manejo do solo tem como consequência a redução na perda de nutrientes dissolvidos pela água da enxurrada ou aderido aos sedimentos. Por meio destas práticas, em especial o plantio direto, que mantém no solo a palha e outros restos vegetais, muitos atributos do solo são beneficiados, como a porosidade, que influencia na capacidade de infiltração de água. A abundância, a atividade e a diversidade dos organismos do solo tendem a ser maiores nesse tipo de sistema. (BRADY; WEIL, 2013)

A cultura de cana de açúcar é predominante na bacia do córrego das Palmeiras, onde foi possível observar avanços nas práticas conservacionistas, a partir de dados obtidos do portal Canasat do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), projeto desenvolvido por Aguiar et al. (2011) que apresenta o monitoramento da colheita de cana de açúcar com base em imagens de sensoriamento remoto, com o objetivo de avaliar a eficácia do Protocolo “Etanol Verde” que visa encaminhar o fim da prática da colheita com queima até 2014.

Através destes dados, pode-se constatar mudanças ocorridas no período de 2006 e 2012 em relação ao plantio direto, com a manutenção da palha e restos vegetais, colheita crua, e das práticas convencionais, realizada pela colheita com queima. No município de Ribeirão Preto até 2006 predominava a colheita com queima, 53,8%, enquanto em 2012 esse número passou para 27,7%. Já a colheita crua cresceu de 46,2% em 2006 para 72,3% em 2012. (Aguiar et al., 2011)

O aumento da classe de cultura anual na bacia do córrego das Palmeiras, com predominância do cultivo da cana-de-açúcar, apresenta um grande risco no que se refere a contaminação por agrotóxicos, em especial os herbicidas, muito utilizado no plantio desta cultura.

Estudos realizados por Boeira e Souza (2004) apontaram uma baixa capacidade de adsorção e intensa dessorção do herbicida diuron em Neossolo Quartzarênico, solo que corresponde em área a 1,43% do total da bacia, possuindo uma proximidade relativa com a cultura da cana-de-açúcar de maior expressividade.



A nordeste da bacia, as lavouras da Fazenda da Barra foram substituídas por campos, onde se localiza atualmente o assentamento Mário Lago. Em 2003 a Fazenda da Barra foi ocupada pelo Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST), sendo decretada pelo INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária) para fins de reforma agrária em dezembro de 2004, considerada como grande propriedade improdutiva. (BELLENTANI, 2010)

O assentamento faz parte do Projeto de Desenvolvimento Sustentável do INCRA, que tem como objetivos garantir o manejo ecológico e sustentável da terra em contrapartida ao modelo tradicional de agricultura, sendo realizado por meio de estratégias produtivas e organizativas que levam em conta a recuperação do meio ambiente. (BELLENTANI, 2010)

Esse assentamento está baseado nos moldes “Comuna da Terra”, idealizado pelo MST, que inviabiliza a prática do arrendamento e prevê que 35% da área seja reservada para matas (reserva legal) juntamente com a produção agrícola ecológica. (BELLENTANI, 2010)

Em contrapartida, o assentamento possui fossas sépticas e a baixa declividade é um fator que dificulta a chegada do esgoto ao córrego, o que pode potencializar a contaminação do aquífero. (CARNEIRO et al., 2009)

Houve um significativo aumento de 13,46% na área urbana da bacia, representando um risco devido à impermeabilização do solo, que impede cada vez mais a renovação do Sistema Aquífero Guarani (SAG).

CONCLUSÃO

Houve poucas mudanças em relação ao controle da expansão e planejamento urbano nas áreas de recarga do SAG, evidenciado pelo aumento da área urbana.

Mudanças significativas no uso do solo cultivado com cana-de-açúcar ocorreram no nordeste da área de estudo, com o surgimento do assentamento Mário Lago a partir de 2003.

O aumento do cultivo da cana-de-açúcar no centro-sul da área, gerou um risco potencial de contaminação das águas subterrâneas por defensivos agrícolas.



Apesar das mudanças ocorridas nos anos de 2003 e 2013, observou-se alguns fatores positivos como o aumento de áreas florestadas e de práticas conservacionistas.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, D. A.; RUDORFF, B. F. T.; SILVA, W. F.; ADAMI, M.; MELLO, M. P. **Remote Sensing Images in Support of Environmental Protocol: Monitoring the Sugarcane Harvest in São Paulo State, Brazil**. Remote Sensing. 2011; 3. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat/colheita.html>> Acesso em: 20 abr. 2013.

BELLENTANI, N. F. **Indicadores de desenvolvimento humano no campo e na cidade - Ribeirão Preto, SP**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia. 2010. Disponível em: <http://www4.fct.unesp.br/pos/geo/dis_teses/10/nataliabeltentani.pdf> Acesso em: 24 out. 2012.

BOEIRA, R. C.; SOUZA, M. D. **Sorção de diuron em solos com diferentes texturas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 5 p. Disponível em: <http://www.cnpm.embrapa.br/download/circular_9.pdf> Acesso em: 20 mar. 2013.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal Brasileiro. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 1965.

BREDY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Tradução Técnica: LEPSCH, I. F. 3 ed. Porto Alegre: Brookman, 2013. 686p.

CARNEIRO, R. M. A. **Relatório: Oficina Quapá-Sel Ribeirão Preto (SP) 25, 26 e 27 de Novembro**. Disponível em: <http://silviomacedo.files.wordpress.com/2011/01/22-relatc3b3rio_rib-preto-final-5out10.pdf> Acesso em: 17 out. 2012.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2013.

FERREIRA, S. **Estudo da vulnerabilidade à contaminação da águas subterrâneas na Região de Ribeirão Preto-SP**. 1992. 80p. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista (UNESP). Rio Claro, 1992.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Caracterização socioeconômica das regiões do Estado de São Paulo: Região Administrativa de Ribeirão Preto**. Disponível em: <http://www.planejamento.sp.gov.br/noti_anexo/files/uam/trabalhos/Ribeir%C3%A3o%20Pr%20eto.pdf> Acesso em: 22 mai. 2012.



JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em Recursos Terrestres**. Tradução de J. C. N. Epiphânio. São José dos Campos, SP: Parênteses, 2009. 598 p. (Prentice Hall Series in Geographic Information Science) Tradução de: Remote Sensing of the environment: na earth resource perspective.

MOURA, A. C. M. Contribuições conceituais e metodológicas do geoprocessamento às análises ambientais. In: _____. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano**. 2ª. ed. - Belo Horizonte: Ed. da Autora, 2005. cap. 1, p. 5-54.

OLIVEIRA, J.B.; PRADO, H. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de Ribeirão Preto**. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 133p. 1987;

PIROLI, E.L. **Disciplina de geoprocessamento: práticas em Idrisi – versão Taiga**. Ourinhos: Unesp/Campus Experimental de Ourinhos, 2010. 56 p.

Soares P.C., Sinelli O., Penalva F., Wernick E., Souza A., Castro P.R.M. 1973. Geologia do nordeste do Estado de São Paulo. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 27, Aracaju, Anais, v.1, p. 209-236.

SILVA, F. P.; KIANG, C.H.; CAETANO-CHANG, M.R.; SINELLI, O. **Arcabouço geológico e hidrofácies do Sistema Aquífero Guarani, no município de Ribeirão Preto (SP)**. Revista Brasileira de Geociências, 38(1): 56-67, 2008. Disponível em: <<http://ppegeo.igc.usp.br/pdf/rbg/v38n1/v38n1a04.pdf>> Acesso em: 29 mai. 2013.

VILLAR, Pilar Carolina. **Gestão das Áreas de Recarga do Aquífero Guarani: o caso do município de Ribeirão Preto**. São Paulo. 2008. 184 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) - Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/90/90131/tde-26052010-100627/>>. Acesso em: 30 ago. 2011.

WOODCOCK, C.E.; COLLINS, J.B.; GOPAL, S.; JAKABHAZY, V.D.; LI, X.; MACOMBER, S.; RYHERD, S.; HARWARD, V.J.; LEVITAN, J.; WU, Y.; WARBINGTON, R. **Mapping forest vegetation using Landsat TM imagery and a canopy reflectance model. Remote Sensing of Environment**, New York, v.50, n.3, p.240-254, 1994. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/0034-4257\(94\)90074-4](http://dx.doi.org/10.1016/0034-4257(94)90074-4)> Acesso em: 28 mai. 2013