

XII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

AVALIAÇÃO DAS MUDANÇAS DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA (2001-2009) E SEUS REFLEXOS NA QUALIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO CAÇULA – ILHA SOLTEIRA/SP

SANTOS, F. M.¹; LOLLO, J. A.²; MAUAD, F.F.³

RESUMO – Este trabalho teve por finalidade elaborar as cartas de uso e ocupação da terra da bacia hidrográfica do Córrego Caçula (Ilha Solteira, Brasil) dos anos de 2001 e 2009 através da classificação supervisionada de imagens de satélite processadas no Software ArcGis 10.0. O objetivo consistiu em identificar quais usos dados à área e suas influências nos processos de degradação ao longo do tempo. Como principais conclusões tem-se que a área apresentou a grande ampliação da classe de agricultura perene e temporária devido à expansão e intensificação do cultivo de cana de açúcar na região, o que pode causar a degradação da vegetação nativa se o plantio for realizado em Áreas de Preservação Permanente. O aumento da área urbanizada em áreas de nascentes e fundos de vale também pode prejudicar a qualidade e quantidade de água devido ao aumento do escoamento superficial, que proporciona a potencialização dos processos erosivos e assoreamento de corpos d'água, o aumento da frequência de enchentes e entupimento dos condutos e canais por sedimentos. Desta forma, é importante destacar que a participação pública é de suma importância para exigir ações e projetos dos órgãos públicos para melhoria da situação ambiental da bacia.

ABSTRACT– This paper aims to develop the letters of use and occupation of the land of the Caçula Stream watershed (Ilha Solteira, Brazil) for the years 2001 and 2009 through supervised classification of satellite images processed in ArcGIS 10.0. The goal was to identify, which uses and influences the processes of degradation along time. We conclude that the area had the great expansion of the class of perennial agriculture and temporary due to the expansion and intensification of cultivation of sugar cane in the region, which may cause the degradation of native vegetation when planted Permanent Preservation Areas. Increased urbanized area in valley floors can also affect the quality and quantity of water due to increased runoff, which provides the potentialization of erosion and siltation of water bodies, increased frequency of flooding and clogging of the conduits channels and sediment. Thus, it is important to note that public participation is very important to require actions and projects of public agencies for improvement of environmental situation of the basin.

Palavras-Chave – Uso e ocupação da terra, Ilha Solteira, Córrego Caçula.

1) UNESP/FEIS – Ilha Solteira: Avenida Brasil Centro , 56, Ilha Solteira/SP, (18) 3743-1077, lolloja@dec.feis.unesp.br.

2) USP/CRHEA – São Carlos: Rua Gigino Aldo Trombino, 293/ap.43, Cubatão/SP, (18) 98106-3076, fran.mendonca@hotmail.com.

3) USP/CRHEA – São Carlos: Rodovia Domingos Innocentini, km 13, município de Itirapina (SP), (16) 3373-8255, mauadffm@sc.usp.br.

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial como insumo básico para atividades de diversos setores. Entretanto, as diferentes intervenções antrópicas no meio ambiente prejudicam o equilíbrio da natureza, e podem comprometer a qualidade e a quantidade do recurso para as futuras gerações. Deste modo, é fundamental conhecer e controlar os diversos fatores que influenciam nesta degradação ambiental.

Segundo Mota (1995) o controle feito tomando como base a bacia hidrográfica parece ser o mais racional, pois a qualidade da água de determinado recurso hídrico resulta das atividades desenvolvidas na sua bacia contribuinte. Leal (1995) complementa que para gerenciar bacias hidrográficas e recursos hídricos é necessário que se considere diversos processos naturais e sociais interligados, com abordagem holística e sistêmica, visando compatibilizar o uso e ocupação da terra nas bacias hidrográficas com a garantia de disponibilidade de água para a sustentabilidade do desenvolvimento econômico, social e ambiental.

Desta forma, a avaliação das atividades de uso e ocupação do solo que influenciam na qualidade ambiental da bacia hidrográfica tornam-se cada vez mais importantes em pesquisas sobre o planejamento territorial e a implementação de políticas públicas para proteção do meio ambiente natural (BARRETO et al., 2013).

A bacia hidrográfica do Córrego Caçula está localizada no município de Ilha Solteira/SP e pertence à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI 18, Bacia do São José dos Dourados (Figura 1). A UGRHI 18 possui área territorial de 6.783,2 km², abrangendo a área de 41 municípios, sendo 25 com sede na UGRHI, e 16 com sede em outras UGRHIs (SIGRH, 2013).

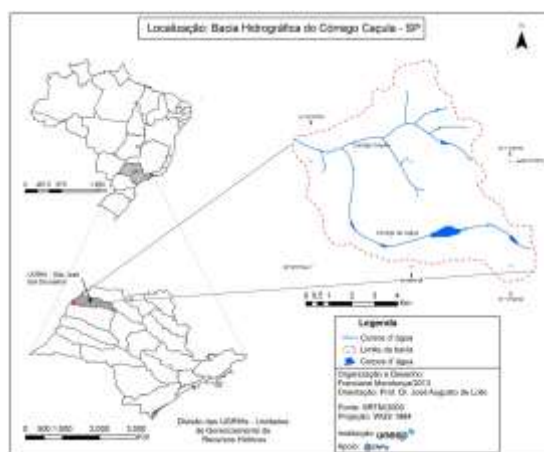


Figura 1 – Localização da área de estudo

O crescimento populacional e a expansão da ocupação urbana na área exigiram investimentos em infraestrutura para atender a população o que potencializou a degradação do solo previamente iniciada com as atividades pecuárias.

Tavares (2008) caracterizou o uso do solo no município como predominantemente pecuária (quase 87% da área do município). No entanto para Santos; Hernandez (2013) a expansão da indústria sucroalcooleira é crescente na região, e o plantio de cana-de-açúcar na área da bacia criou novas condições de dinâmica hídrica na área que indicam a necessidade de estudos detalhados.

Os autores afirmam que a má conservação solo e a expansão das áreas urbanas associadas ao uso em conflito com as Áreas de Preservação Permanentes influenciam diretamente na qualidade ambiental da bacia hidrográfica.

Nesse contexto a caracterização do uso e ocupação da terra da área de estudo dos anos de 2001 e 2009 tem com o objetivo de identificar, através da geração das cartas quais usos dados à bacia hidrográfica e suas influencias nos processos de degradação ao longo do tempo.

2. MATERIAIS E MÉTODO

2.1 Cartas de uso e ocupação da terra

Para elaboração das cartas de uso e ocupação da terra foram utilizadas imagens de satélite atuais e antigas da área de pesquisa para verificação do cenário de uso e ocupação passado e futuro e influencias dessa modificação na degradação do ambiente.

Desta forma, foram utilizados os seguintes materiais: Cartas topográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE em Escala 1: 50.000 SF-22-C-II-3 (Ilha Solteira) e SF-22-C-IV-1 (Bela Floresta); imagem fusionada Cbers 2B sensor CCD (21 de dezembro de 2009) e sensor HRC (08 de setembro de 2008), resolução espacial de 2,7 metros, para identificação dos usos e ocupação da bacia hidrográfica do Córrego Caçula por meio das formas, textura e cor, a partir de técnicas de Sensoriamento Remoto; imagem LandSat 7 ETM+, órbita: 222, ponto 74, data do imageamento: 12 de agosto de 2001, e; programa ArcGis 10.0: SIG com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a bancos de dados espaciais.

As imagens Cbers e LandSat foram disponibilizadas gratuitamente pelo Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE. Para a classificação recente do uso e ocupação da terra foram utilizadas imagens Cbers do ano de 2009, por não haver disponíveis imagens mais recentes da área de pesquisa. Do mesmo modo, para a classificação referente ao passado foram utilizadas imagens Landsat do ano de 2001, ano em que foram obtidas imagens mais antigas da bacia hidrográfica.

A técnica adotada para fazer a fusão das imagens Cbers CCD e Cbers HRC consiste na transformação IHS (Intensidade, Matiz e Saturação) com o objetivo de melhorar a qualidade visual dos alvos da superfície terrestre.

No Software ArcGis 10.0 as imagens foram restauradas de 20 para 10 metros e depois para 2,5 metros com a finalidade de obter a mesma resolução espacial da HRC. Em seguida realizou-se o processo de fusão entre as imagens CCD e HRC através da transformação RGB-IHS e IHS-RGB. No sistema IHS, as cores são representadas através de três componentes: intensidade (Intensity - I), matiz (Hue - H) e saturação (Saturation -S), as quais definem respectivamente o brilho, a cor e a saturação, que é a qualidade da cor presente.

A transformação do espaço RGB para o IHS gera composições coloridas em que há menor correlação entre as bandas, permitindo um maior aproveitamento das cores. A transformação IHS tornou-se um dos métodos mais utilizados no fusionamento de imagens, com a finalidade de melhorar a resolução espacial ou fundir imagens de diferentes sensores. Esta permite isolar a informação espectral contida em três bandas para dois canais, o da Saturação e o do Matiz. O brilho da cena é isolado no canal intensidade onde pode ser substituído por outra banda de melhor resolução.

Assim, a imagem final terá as propriedades de ambos os conjuntos de dados e possuirá melhor resolução espacial dos dados (NOVO, 2008). Os passos para o fusionamento das imagens podem ser encontrados no sítio online do INPE (<http://wiki.dpi.inpe.br/doku.php?id=fusaohrcccdcbbers2b:exemplo>).

2.1.2 Georreferenciamento da carta topográfica

O georreferenciamento da carta topográfica obtida através do IBGE teve como objetivo compor a base para o registro da imagem de satélite. O procedimento é simples, primeiramente verifica-se qual a projeção e o datum da carta em questão. No ArcCatalog do Software ArcGis 10.0 pode-se definir a projeção e datum utilizando a ferramenta *Define Projection*.

Em seguida, é necessário obter coordenadas (pertencentes ao sistema no qual se pretende georreferenciar) de pontos da carta, conhecidos como pontos de controle.

2.1.3 Processamento das imagens: realce e registro de imagens

2.1.3.1 Realce

A técnica de Realce de Contraste da imagem tem por objetivo melhorar a qualidade das imagens para facilitar a visualização de feições nas mesmas. Desta forma, no ArcGis, pode-se realizar o realce das feições da imagem através das funções *Properties – Simbology – RGB composite > Stretch*.

A alteração de contraste de composições coloridas deve ser precedida pela seleção do canal R, G ou B para escolha da camada a ser contrastada.

2.1.3.2 Registro de imagens

As imagens adquiridas para a realização da carta de uso e ocupação da terra necessitam ser georreferenciadas a um sistema de projeção conhecido. O módulo para georreferenciamento, também conhecido como Registro de Imagens, disponível nos softwares de Processamento de Imagens Orbitais, tais como o ArcGis 10.0, possibilita a realização desta função. Ao passar por este processamento, a imagem pode ser integrada a outros tipos de informações (mapas vetoriais ou matriciais) em sistemas de informações geográficas (GONZAGA, 2012).

Ao georreferenciar as imagens cada um dos seus pontos (ou *pixels*), passa a estar atrelados a um par de coordenadas, de um sistema de coordenadas conhecido.

O procedimento para o registro da imagem no ArcGis 10.0 utiliza como base a carta topográfica do município de Ilha Solteira georreferenciada anteriormente (item 2.1.2)

2.1.4 Processamento digital de imagens: classificação supervisionada

A técnica empregada para a classificação da imagem consiste na classificação supervisionada. Este processo é baseado na extração de amostras de *pixel* (Valor ND) que representem o tipo de alvo de interesse na imagem, permitindo que o software realize menos erros no processo de classificação automática.

Na classificação supervisionada, primeiro são definidas as assinaturas espectrais das categorias utilizadas na classificação, tais como a área urbanizada, pastagem ou corpos d'água. Em seguida, a partir de um software para o processamento digital de imagem (ArcGis 10.0), associa-se a cada *pixel* a assinatura espectral mais similar. A classificação supervisionada compreende: localizar exemplos representativos de cada tipo de cobertura que pode ser identificado na imagem (definição das áreas de treino); digitalizar polígonos em torno de cada área de treino, atribuindo um único identificador para tipo de cobertura; analisar os *pixels* contidos nas áreas de treinos e criação de assinaturas espectrais para tipo de cobertura, e; classificar toda a imagem, considerando cada *pixel* individualmente, comparando a sua assinatura particular com cada uma das assinaturas conhecidas.

A preferência pela classificação supervisionada se deu porque nos testes realizados com a classificação não supervisionada (onde são agrupados os pixels, segundo as suas características espectrais sem a influência do intérprete) os resultados não foram representativos aos reconhecimentos das classes de uso de interesse.

Esta classificação (não supervisionada) apresentou confusão, por exemplo, ao classificar agricultura e pastagem, solo exposto e asfalto, o que não ocorreu com a classificação supervisionada pela qual foi obtida uma classificação mais fiel do uso e ocupação da terra.

2.1.5 Elaboração do layout do mapa temático

A elaboração do mapa temático mostra a evolução das formas de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Córrego Caçula. A legenda proposta para este mapa adequou-se à nomenclatura e cores sugeridas pelo IBGE (2006) organizada segundo quatro níveis hierárquicos, comportando desdobramentos para níveis de maior detalhe dependendo da escala de trabalho como mostra a Figura 2.

Nível I	Nível II	Nível I	Nível II
1. Áreas Antropicas Não Agrícolas	1.1 Área Urbanizada	3. Áreas de Vegetação Natural	3.1 Floresta
	1.2 Área de Mineração		3.2 Cerrado
2. Áreas Antropicas Agrícolas	2.1 Cultura Temporária	4. Água	4.1 Corpos d'água continentais
	2.2 Cultura Permanente		4.2 Corpos d'água costeiros
	2.3 Pastagem		
	2.4 Silvicultura		

Figura 2 – Cores e classes do uso e ocupação da terra. Fonte: IBGE (2006).

As classes foram determinadas de acordo com os objetivos do estudo, isto é, identificar as coberturas que possuem diferentes coeficientes de escoamento superficial. Sendo assim, cinco classes foram identificadas: agricultura perene e temporária, mata e vegetação natural, pastagem, preparo para plantio e solo exposto e área urbanizada (asfalto e telhado).

Na área urbanizada da carta de uso e ocupação da terra de 2009, foi feito um detalhamento das classes de forma a distinguir diferentes tipos de cobertura que possam ter influência no escoamento superficial. As duas classes identificadas foram: asfalto e telhado. Além disso, trabalhos de campo foram realizados para verificação da existência dessas classes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização de uso e ocupação da terra teve como objetivo identificar quais tipos de usos dados à bacia hidrográfica, constatados atualmente com imagens de satélite do ano de 2009 e comparar com a carta de uso e ocupação do solo elaborada com imagem do ano de 2001. Esta comparação permite verificar as possíveis modificações e sua influência na qualidade ambiental da bacia e processos de degradação associados.

A carta de uso e ocupação da terra de 2001, representada pela figura 3, apresenta seis (6) classes identificadas de uso e ocupação da terra que incluem: agricultura perene e temporária, área urbanizada, mata e vegetação natural, pastagem, preparo para o plantio e solo exposto e água.

A carta de uso e ocupação da terra de 2009, representada pela figura 4, apresenta sete (7) classes identificadas de uso e ocupação da terra que incluem: agricultura perene e temporária, asfalto, telhado, mata e vegetação natural, pastagem, preparo para o plantio e solo exposto e água.

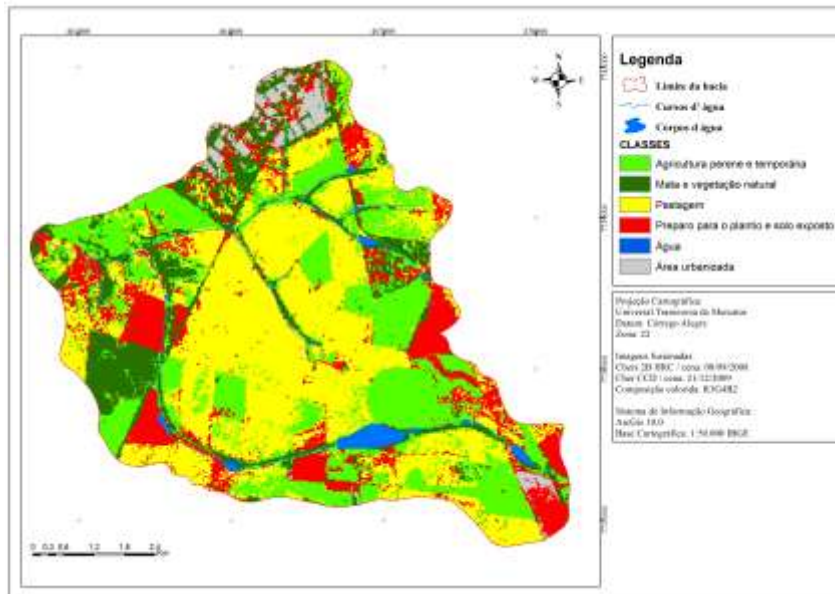


Figura 3 – Cartas de uso e ocupação da terra – 2001

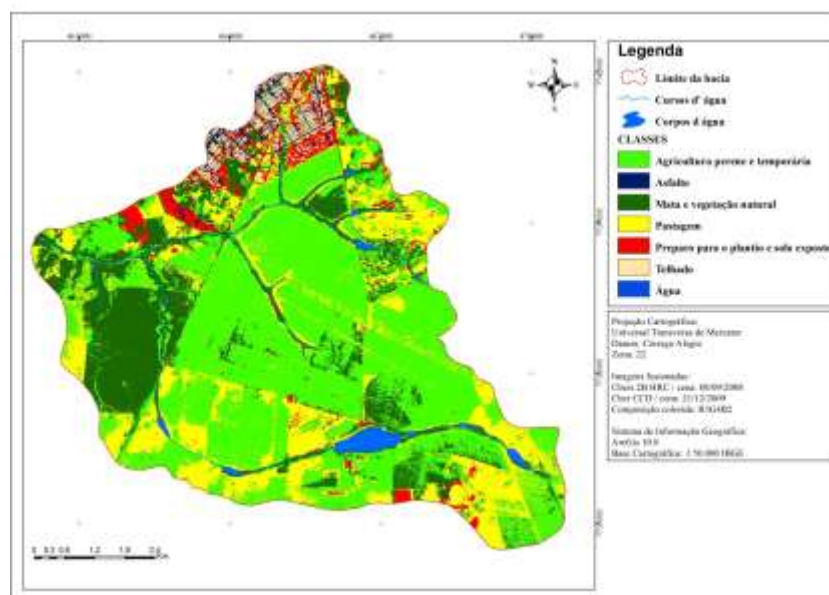


Figura 4 – Cartas de uso e ocupação da terra – 2009

A classe área urbanizada da carta de uso e ocupação da terra de 2001 não foi detalhada em asfalto e telhado, tal como na carta de uso e ocupação da terra de 2009, devido aos níveis de detalhes da imagem utilizada não permitir tal detalhamento na classificação supervisionada.

Na carta de uso e ocupação da terra de 2009 as classes predominantes são agricultura perene e temporária, seguido por pastagens e mata e vegetação natural.

A diferença mais evidente em relação às cartas é em relação à classe de pastagem e preparo para o plantio e solo exposto, que em 2001 era a categorias mais expressivas da bacia hidrográfica e foi substituída pelas atividades agrícolas (agricultura perene e temporária).

Este fato pode ser confirmado, pela expansão e intensificação do cultivo de cana de açúcar na região principalmente nos últimos 10 anos. De acordo com estudos de Palla *et al.* (2009), no município de Ilha Solteira a expansão da lavoura canavieira tem sido apontada como responsável pela redução das áreas de pastagens e também pela degradação da vegetação nativa, uma vez que em alguns locais esse cultivo é realizado em Áreas de Preservação Permanente.

O manejo do solo segundo Brooks *et al.* (1991), quando realizado em condições adequadas normalmente não aumenta a quantidade de sedimentos nos corpos d'água após chuvas intensas; mas o manejo inadequado, em terrenos inclinados e solos frágeis, como é o caso de muitas áreas da bacia, pode causar sérios problemas erosivos.

Outra modificação é o aumento da área urbanizada na bacia hidrográfica em áreas de nascentes e fundos de vales. A partir de trabalhos de campo, pode-se visualizar que trechos da bacia do Córrego Sem Nome, que localiza-se na área urbana de Ilha Solteira não possui Área de Preservação Permanente preservada em muitos trechos. Este fato colabora com aumento do escoamento superficial, que pode influenciar em processos de degradação, como erosões a jusante e o assoreamento das margens do Córrego.

Segundo Tucci (2001), a falta de critérios técnicos específicos para construção e manutenção dos sistemas de drenagem urbana acarretam diversos impactos que são transferidos de montante para jusante. Por exemplo, pelo escoamento superficial tem-se o aumento das frequências de enchentes e entupimento dos condutos e canais por sedimentos e conseqüentemente a degradação da qualidade da água.

A Figura 5(A) apresenta um exemplo de erosão que ocorre na bacia hidrográfica do Córrego Caçula mais precisamente nas margens do Córrego da Lagoa. A figura 5(B) apresenta um trecho do Córrego sem nome onde há lançamento da drenagem urbana, e percebe-se o início de processos erosivos nas margens do Curso d'água.



(A)



(B)

Figura 5 – Processos de degradação: Processos erosivos (A); Lançamento da drenagem urbana (B)

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através deste trabalho é possível concluir que a utilização das imagens de satélite gratuitas (Cbers e Landsat) mostrou-se eficiente para a identificação das classes de uso e ocupação da terra de 2001 e 2009, e diagnóstico de impactos decorrentes das mudanças ocorridas ao longo do tempo.

Porém para próximos trabalhos indica-se, sempre que possível, a classificação a partir de imagens de alta resolução. As imagens de alta resolução permitem um mapeamento com maior nível de detalhes que contribuem com as análises.

A principal modificação, em relação aos tipos de uso e ocupação da terra, foi à substituição das classes de pastagem e preparo para o plantio e solo exposto por agricultura perene e temporária o que pode ser explicado devido à expansão e intensificação do cultivo de cana de açúcar na região.

As Áreas de Preservação Permanente - APPs diminuíram em muitos trechos dos Córregos da bacia e em 2009 são inexistentes ou aparece fragmentadas, o que contribui com o assoreamento dos rios e poluição da rede de drenagem. Estas áreas devem ser conservadas e protegidas a fim de evitar estes processos de degradação.

A área urbana e de expansão urbana encontra-se próximo dos cursos d'água e de suas nascentes o que pode prejudicar a qualidade e quantidade de água. Uma sugestão é que seja aplicada a educação ambiental com objetivo de orientar a população sobre a importância do manejo de bacias hidrográficas, e da ocupação dos vazios urbanos através de um planejamento visando a melhor relação entre a sociedade e o meio ambiente.

Desta forma, é importante destacar que a participação pública é de suma importância para exigir ações e projetos dos órgãos públicos para melhoria da situação ambiental da bacia.

BIBLIOGRAFIA

BARRETO, L. et al. Modelling potential landscape sediment delivery due to projected soybean expansion: A scenario study of the Balsas sub-basin, Cerrado, Maranhao state, Brazil. **Journal of Environmental Management**, v. 115, p. 270–277, 30 jan. 2013.

BROOKS, K. N.; FOLLIOTT, P. F.; GREGERSEN, H. M.; THAMES, J. L. (1991) **Hydrology and the management of watersheds**. Ames: Iowa State University. 392 p.

GONZAGA, M. L.; CARVALHO, A. G. B. M.; LOLLO, J. A.; MATSUMOTO, T. (2010) Uso e ocupação do solo e qualidade da água de mananciais superficiais: córrego sem nome, Ilha Solteira (SP). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL, 7, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2010. p. 1-15. 1 CD-ROM.

- GONZAGA, M. L. **Dinâmica ambiental da bacia hidrográfica do Córrego da Onça (Três Lagoas / MS): o uso do solo e a legislação pertinente – Ilha Solteira.** (2012). 123 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.
- LEAL, A.C. **Meio ambiente e urbanização na microbacia do Areia Branca - Campinas - São Paulo.** Rio Claro. (1995). 155p. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Universidade Estadual Paulista.
- MOTA, S.(1995). **Preservação e conservação de recursos hídricos.** 2. ed. Rio de Janeiro: ABES. 187 p.
- NOVO, E.L. de M. (2008). **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações.** São Paulo: Blucher. 388 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. MANUAIS TÉCNICOS EM GEOCIÊNCIAS- IBGE. (2006). **Manual técnico de uso da terra.** 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE 91p.
- PALLA, G. O.; SILVA, G. N. R.; SILVA, H. R.; MARQUES, A. P.; HOLANDA, H. V.; ASTOFI, T. B.; ZOCOLER, J. V. S; CÉZAR, F. R. G. (2011). Potencial de expansão da cultura de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) no município de Ilha Solteira/SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE, 2011. p. 4218-4224.
- SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T. Land use and monitoring of water resources of Ipe stream, Ilha Solteira, SP. **Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental**, v. 17, n. 1, p. 60–68, jan. 2013.
- SISTEMA INTEGRADO DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DE SÃO PAULO- SIGRH. (2013). **Comitê de Bacia Hidrográfica do São José do Dourados.** São Paulo: Comitê de Bacia Hidrográfica do São José do Dourados. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br>>. Acesso em: 21 abr. 2012.
- TAVARES, A. B. **Avaliação da degradação do meio físico por áreas de empréstimo utilizando geoindicadores e sistema de informações geográficas: área de expansão urbana de Ilha Solteira (SP).** (2008). 172 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2008.
- TUCCI, C. E. M. (2001). Escoamento superficial. In:_____. **Hidrologia: ciência e aplicação.** 2. ed. Porto Alegre: ABRH. p. 391-441.