

**GEOPROCESSAMENTO COMO FERRAMENTA PARA A ANÁLISE DO USO DA
TERRA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS**

Rodrigo Cezar Criado
Universidade Estadual de São Paulo - UNESP
ro_geounesp@yahoo.com.br

Edson Luís Piroli
Universidade Estadual de São Paulo - UNESP
elp@ourinhos.unesp.br

**EIXO TEMÁTICO: GEOECOLOGIA DAS PAISAGENS, BACIAS HIDROGRÁFICAS,
PLANEJAMENTO AMBIENTAL E TERRITORIAL**

Resumo

O presente artigo tem como objetivo principal analisar os diferentes tipos de uso e ocupação da terra em bacia hidrográfica com a utilização das tecnologias de geoprocessamento. Dentre elas, os sistemas de informações geográficas e o sensoriamento remoto, em específico o aplicativo de SIG Idrisi Taiga e as imagens do satélite japonês ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*), para subsidiar ações relacionadas ao planejamento e gestão dos recursos naturais, tendo a bacia hidrográfica como delimitador da área de estudo, e em especial dos recursos hídricos. Foi possível observar que a área estudada sofre alterações na sua paisagem natural, principalmente por atividades agrícolas e de pecuária, através dos dados levantados pode-se afirmar que trechos das áreas de preservação permanente, que por lei e pela sua importância deveriam ser mantidos em suas condições naturais estão utilizados por usos inadequados, dentre eles para a pecuária, por área urbana, dentre outros. Espera-se com este trabalho demonstrar os instrumentos do sensoriamento remoto para o auxílio na análise, planejamento e gestão dos recursos naturais e das bacias hidrográficas.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica, SIG, Idrisi Andes, ALOS.

Abstract

The present article has as its main objective to analyze the different uses and occupation of land in a watershed making use of GIS technologies. Among them, the geographical information system and the remote sensing, mainly the GIS application Idrisi Andes and images obtained by the Japanese satellite ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) which were used in order to subsidize actions related to planning and managing water resources, that done having the watershed as the study area with the focus on the water resources. It was possible to observe that the investigated area suffers alterations in its natural landscape, mainly because of agriculture or cattle raising. Analyzing the data collected it's possible to assure that parts belonging to the permanent preservation area, which for law and for its importance should be kept in its natural conditions, are being misused for cattle raising, urban areas, among other uses. It's expected that this research is able to demonstrate the remote sensing tools to support analysis, planning and management of natural resources and watersheds.

Key-words: Watershed, GIS, Idrisi Andes, ALOS.

Introdução

O estudo das áreas de uma bacia hidrográfica é complexo, pois no mesmo espaço geográfico é possível observar elementos diversos, como biomas diferentes, clima diferente, nível de intervenção humana variado, dentre outros. Uma das possibilidades de análise das bacias hidrográficas está relacionada aos tipos de uso e ocupação da terra, os quais quando ocorrem de maneira inadequada podem gerar importantes danos ambientais.

Dentro do estudo dos usos da terra em uma bacia hidrográfica é possível refinar ainda mais o objeto a ser estudado, como por exemplo, com as Áreas de Preservação Permanente (APPs), contidas no Código Florestal Brasileiro desde 1965, pela Lei Federal nº 4.771/65, e que segundo o mesmo, são áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, por possuírem importante papel para a manutenção e preservação dos recursos naturais brasileiros, principalmente os recursos hídricos. (BRASIL, 1965)

Além da referência legal sobre as APPs no Código Florestal Brasileiro, as mesmas são regulamentadas por Resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) e dentre elas pode-se citar as Resoluções Nº 004 de 1985, Nº 302 e Nº 303 de 2002 e Nº 369 de 2006, dentre outras que estão direta e indiretamente relacionadas às APPs.

As leis e resoluções referentes à proteção e conservação das APPs são justificadas pela extrema importância ambiental que estas áreas possuem. Alguns dos principais problemas que degradam o meio ambiente estão relacionados às alterações das mesmas, tais como a intensificação dos processos de erosão, deposição de sedimentos e assoreamento dos corpos d'água e das nascentes.

Apesar da legislação brasileira ser considerada avançada e repressiva e da importância da preservação das APPs, a lacuna na fiscalização e a impunidade constituem-se em um incentivo negativo à conservação das APPs, somando-se a este cenário as investidas contra a legislação ambiental, tornando-a “adequada” ao agronegócio e incapaz de cumprir sua função de preservação do meio ambiente. (Altmann, 2009, p. 1).

A retirada da vegetação nativa das APPs e a ocupação destas áreas por atividades antrópicas, sejam elas urbanas ou rurais, segundo Simões e Coiado (2003) apud Rodrigues et al. (2009):

tem sido o mais ativo agente ligado à destruição do solo, seja por meio de práticas agrícolas inadequadas, seja através da implantação de loteamentos sem considerar a fragilidade do terreno. Assim, verifica-se a intensificação de fenômenos que proporcionam degradação ambiental, como a erosão hídrica. (RODRIGUES, 2009, p. 1).

*GEOPROCESSAMENTO COMO FERRAMENTA PARA A ANÁLISE DO USO DA TERRA EM BACIAS
HIDROGRÁFICAS*

A manutenção da vegetação nativa nas APPs, não atua apenas na estabilização do solo e no controle dos processos erosivos, quando a vegetação nativa é removida há uma alteração no comportamento hidrológico e em todo o sistema da bacia, à medida que a mesma é “uma área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial, funcionando como um sistema” (Christofolletti, 1980, p. 102). Sem a vegetação nativa as águas pluviais tendem a escoar mais e infiltrar menos, diminuindo o reabastecimento do lençol freático, aumentando o volume do rio nos períodos de chuva e diminuindo nos períodos de estiagem, podendo causar até a desperenização de alguns corpos d’água.

Segundo Boin (2000, p. 84) “o elemento climático de maior influência nos processos de erosão é, sem dúvida alguma, a ação causada pelas chuvas”, sendo assim, as copas das árvores possuem importante papel no controle da erosão à medida que suas folhas absorvem o impacto das gotas de chuva e diminuem o efeito *splash* causado pelas mesmas ao entrar em contato com o solo.

Os fatores relacionados à cobertura vegetal podem influenciar os processos erosivos de várias maneiras: através dos efeitos espaciais da cobertura vegetal, dos efeitos na energia cinética da chuva, e do papel da vegetação na formação de húmus, que afeta a estabilidade e teor de agregados. A densidade da cobertura vegetal é fator importante na remoção de sedimentos, no escoamento superficial e na perda de solo. O tipo e percentagem de cobertura vegetal podem reduzir os efeitos dos fatores erosivos naturais. (GUERRA, 1996, p. 161).

A existência da cobertura vegetal controla o escoamento superficial e subsuperficial das águas pluviais ABGE (1995) apud BOIN (2005). A cobertura vegetal exerce um papel de defesa e proteção contra os agentes erosivos (Figura 1).

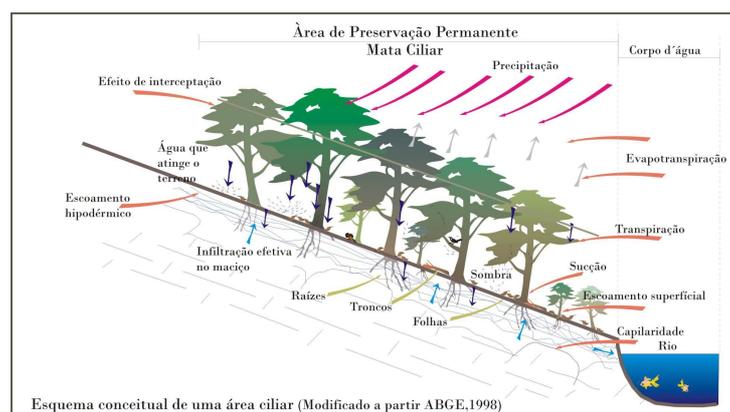


Figura 1 – Representação esquemática da função da cobertura vegetal (BOIN, 2005, p. 13).

Na figura observa-se a atuação da vegetação para o controle dos processos erosivos, diminuição da carga de sedimentos carregada para o leito do rio, aumento na infiltração das águas pluviais e conseqüentemente o reabastecimento dos lençóis freáticos e aquíferos, manutenção da biodiversidade, dentre outros.

Além de impedir o rápido escoamento superficial, diminuindo os efeitos das inundações, as raízes das plantas retêm o solo e preservam as margens dos rios, evitando a destruição dos mesmos. O acúmulo de galhos e troncos de árvores, além de dificultar o fluxo da água, provoca pequenos represamentos de água, formando ambientes heterogêneos onde abrigam-se diferentes espécies de peixes.

A variação dos tipos de habitats ao longo da bacia hidrográfica aumenta a heterogeneidade ambiental e conseqüentemente a biodiversidade regional, pois segundo Barrella:

São muitas as relações existentes entre os sistemas terrestres e aquáticos. As áreas ripárias apresentam importantes funções hidrológicas, ecológicas e limnológicas para a integridade biótica e abiótica do sistema. Do ponto de vista da biologia dos peixes, a mata ciliar possui as seguintes funções ecológicas: 1) proteção estrutural dos habitats; 2) regulação do fluxo e vazão de água; 3) abrigo e sombra; 4) manutenção da qualidade da água; 5) filtragem de substâncias que chegam ao rio; e 6) fornecimento de matéria orgânica de fixação de algas e perifíton. (BARRELLA, 2001, p. 195).

Desta forma as APPs tornam-se áreas prioritárias e estratégicas para conservação e recuperação do meio ambiente e para alcançar tais objetivos os programas e projetos de planejamento e gestão ambiental tem o auxílio de uma importante ferramenta, os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), utilizados principalmente para o mapeamento e localização dos tipos de uso da terra.

Segundo Déstro e Campos (2006) o levantamento do uso do solo é a principal etapa para a realização de qualquer ação de planejamento ambiental, sendo uma das primeiras etapas a ser realizada. Para esta etapa utiliza-se largamente as geotecnologias, dentre elas os SIGs e o Sensoriamento Remoto, devido a redução de custos e ao ganho de tempo.

Objetivos

O objetivo geral do presente trabalho é o estudo dos tipos de uso e ocupação de terra nas bacias hidrográficas, em especial nas áreas de preservação permanente, visando assim produzir dados e informações que possam ser utilizadas pelos órgãos competentes de maneira a subsidiar as políticas de planejamento e gestão ambiental da bacia hidrográfica estudada.

Material e método

Vários autores destacam que as imagens de satélite e fotografias aéreas, dentre outras obtidas através do sensoriamento remoto, facilitam a identificação dos tipos de uso da terra, além de que a diferença temporal de imagens do mesmo local permite o acompanhamento das transformações dos tipos de uso da terra ao longo do tempo registradas nas imagens.

Os melhoramentos tecnológicos trouxeram avanços na obtenção de imagens com melhor qualidade e resolução e também no modo de processar as mesmas, produzindo aplicativos mais elaborados e com redução de custos, alguns até mesmo com distribuição gratuita.

O presente estudo utilizou de tais avanços tecnológicos para desenvolver o levantamento dos tipos de uso da terra na bacia hidrográfica do córrego Espraiado, com o aplicativo Idrisi Taiga e as imagens do satélite japonês ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) além das cartas topográficas do IBGE na escala de 1:50.000 dos municípios de Cerqueira Cesar e Óleo.

O aplicativo Idrisi é composto por um banco de dados para armazenar as informações e a partir deste processo pode-se manipulá-las, recuperar dados, georreferenciar informações, digitalizar mapas, produzir modelos numéricos do terreno, obtendo mapas hipsométricos e de declividade, importar e exportar informações em diferentes extensões, dentre outros recursos.

A classificação dos tipos de uso da terra é uma maneira de agrupar os objetos em conjuntos homogêneos, de acordo com um sistema ou método de avaliação, os quais estão relacionados às abstrações mentais e a subjetividade do autor levando em consideração as suas necessidades de apresentação do real.

Desta forma, o produto final nem sempre representa toda a complexidade do espaço estudado, sendo assim Diniz (1984) apud IBGE (2006) destaca que as classificações podem ser julgadas apenas “na esfera do adequado – inadequado, significativo – não-significativo, e jamais na do certo e errado” (IBGE, p. 35, 2006).

Ainda segundo o IBGE (2006):

O uso da terra, dentre as várias definições existentes, geralmente associadas às atividades conduzidas pelo homem relacionadas a uma extensão de terra ou a um ecossistema, foi considerado como *uma série de operações desenvolvidas pelos homens, com a intenção de obter produtos e benefícios, através do uso dos recursos da terra* (BIE; LEEUWEN; ZUIDEMA, 1996), *ou seja, a atividade do homem que se acha diretamente relacionada à terra* (CLAWSON; STEWART, 1965 apud ANDERSON et al., 1979). (IBGE, 2006, p. 35).

Para a classificação dos tipos de uso da terra na área de estudo utilizou-se as classes do Manual Técnico de Uso da Terra, 2ª edição, número 7 dos Manuais Técnicos em Geociências do IBGE (2006, p. 63).

- Classe 1 – Área Urbanizada (presente na categoria Áreas Antrópicas Não Agrícolas);
- Classe 2 – Floresta (presente na categoria Áreas de Vegetação Natural);
- Classe 3 – Reflorestamento (presente na categoria Áreas Antrópicas Agrícolas);
- Classe 4 – Lavoura (presente na categoria Áreas Antrópicas Agrícolas);
- Classe 5 – Pastagem (presente na categoria Áreas Antrópicas Agrícolas);
- Classe 6 – Equipamento turístico (categoria criada pelo autor para representar Áreas de Laser);
- Classe 7 – Campestre (presente na categoria Áreas de Vegetação Natural);
- Classe 8 – Via de transporte (presente na categoria Áreas Antrópicas Não Agrícolas).

A vetorização foi realizada a partir da observação da imagem do satélite ALOS, visando a identificação das feições desejadas, a partir da diferenciação de cores, texturas, arranjos, etc., que permitem a identificação de padrões para classificação, complementada com trabalhos de campo para conhecimento *in loco* da realidade estudada. Como o presente trabalho visa à análise do uso da terra e dispõe de imagens de alta resolução a escala de mapeamento adotada para a produção dos dados cartográficos foi de 1:5.000

Resultados e discussões

Na presente pesquisa utilizou-se como área de estudo a bacia hidrográfica do córrego Espriado, localizada no médio curso do rio Paranapanema (Figura 2), adotando a definição do professor Christofoletti, com o objetivo de mapear os diversos tipos de uso da terra a partir de imagens de satélite.

*GEOPROCESSAMENTO COMO FERRAMENTA PARA A ANÁLISE DO USO DA TERRA EM BACIAS
HIDROGRÁFICAS*

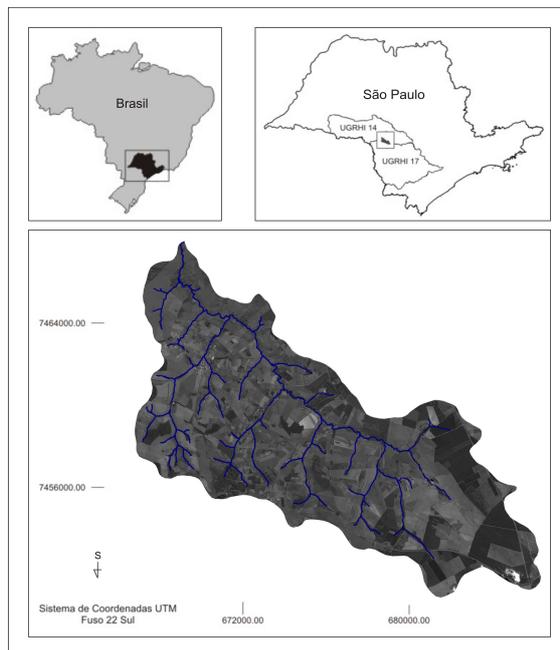


Figura 2 – Localização geográfica da bacia hidrográfica do córrego Espiraiado.

A área de estudo compreende os municípios de Águas de Santa Bárbara, Cerqueira Cesar, Manduri e Óleo, todos localizados no Estado de São Paulo, com uma área total de 14.979,45 hectares, ou 149,79 km². A bacia é composta por 53 nascentes, verificadas com base na carta topográfica do IBGE e nas imagens *ALOS*, e as Áreas de Preservação Permanente das nascentes totalizam 41,63 hectares, ou 0,42 km².

As APPs ao longo dos cursos d'água possuem uma área total de 703,56 hectares, ou 7,03 km², somando-se as APPs das nascentes e as dos corpos d'água, a bacia em estudo possui uma área de 745,19 hectares ou 7,45 km², representando 4,97% do total da área de estudo.

Na bacia hidrográfica do córrego Espiraiado há o predomínio de altitudes entre 540 e 780 m. Há também predomínio de reflorestamento (áreas antrópicas agrícolas) com pinus e eucalipto na cabeceira e na região sudeste da bacia. Do médio curso da bacia até a sua foz, há predomínio de pastagens para criação de bovinos.

Na área central da bacia, é possível localizar a maior concentração de áreas agrícolas e também uma área utilizada pelo turismo rural, classificada como Equipamento Turístico. A única área urbana localizada na bacia é a do município de Óleo, que tem uma população de 2.673 habitantes e que ocupa uma área de 296 km², segundo IBGE (2010).

*GEOPROCESSAMENTO COMO FERRAMENTA PARA A ANÁLISE DO USO DA TERRA EM BACIAS
HIDROGRÁFICAS*

De maneira geral, as APPs, que por lei deveriam ser ocupadas pela vegetação nativa, estão sendo ocupadas por atividade antrópicas, seja por pastagem, agricultura, silvicultura, dentre outras atividades econômicas, deixando de realizar as suas funções ambientais para a manutenção do equilíbrio natural.

Observando as características dos canais de drenagem foi possível concluir que as APPs ao longo dos rios são de 30 metros em cada margem, já que para os rios com até 10 metros de largura a APP deve ter uma largura mínima de 30 metros. Para as nascentes, as APPs são formadas por um raio de 50 metros, seguindo as regulamentações legais. A figura a seguir representa a aplicação da legislação das APPs (Figura 3).

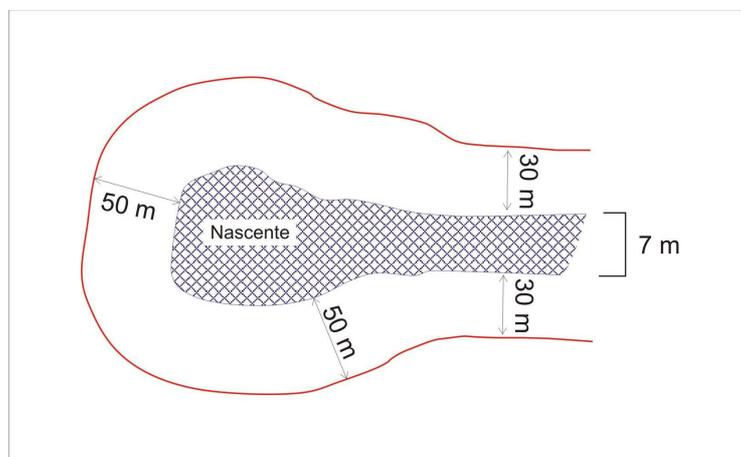


Figura 3 – Esquema representativo do cálculo das APPs (CRIADO, 2009, p. 12)

Após a etapa do mapeamento e identificação das feições pode-se chegar ao mapa final com a classificação dos tipos de uso da terra em toda a bacia, como pode ser observado a seguir (Figura 4).

*GEOPROCESSAMENTO COMO FERRAMENTA PARA A ANÁLISE DO USO DA TERRA EM BACIAS
HIDROGRÁFICAS*

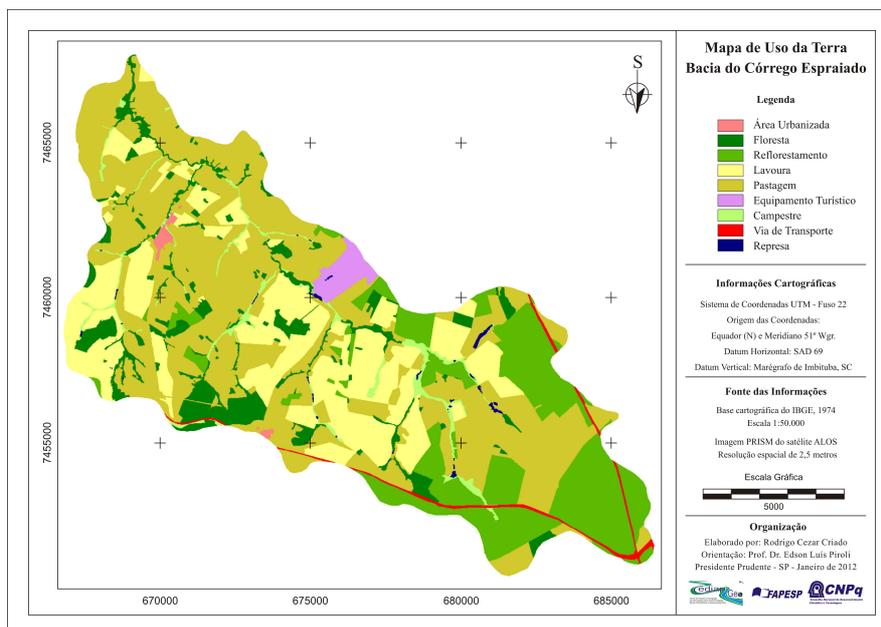


Figura 4 – Mapa de uso da terra na bacia hidrográfica do córrego Espraiado

Além da elaboração dos mapas os aplicativos de sistemas de informações geográficas também são capazes de organizar o banco de dados em tabelas, facilitando a compreensão dos fenômenos estudados e as suas características, como mostra a tabela a seguir (Figura 5).

	Categoria	Área (ha)	Área (%)
Classe 5	Pastagem	6.871,91	45.82
Classe 4	Lavoura	3.317,18	22.11
Classe 3	Reflorestamento	2.769,11	18.46
Classe 2	Florestal	1.224,99	8.16
Classe 7	Campestre	344,27	2.30
Classe 6	Equipamento Turístico	210,08	1.40
Classe 8	Via de Transporte	160,13	1.07
Classe 1	Área Urbanizada	55,49	0.38
Classe 9	Represa	43,37	0.30
	TOTAL	14.996,53	100.00

Figura 5 – Tabela com os usos e ocupação de terra para toda a bacia hidrográfica.

*GEOPROCESSAMENTO COMO FERRAMENTA PARA A ANÁLISE DO USO DA TERRA EM BACIAS
HIDROGRÁFICAS*

Com base nos dados utilizados para elaborar a Figura 4 – Mapa de uso da terra na bacia hidrográfica do córrego Espraiado, foi elaborada a Figura 6, onde pode-se observar os usos da terra nas áreas de preservação permanente do córrego Espraiado.

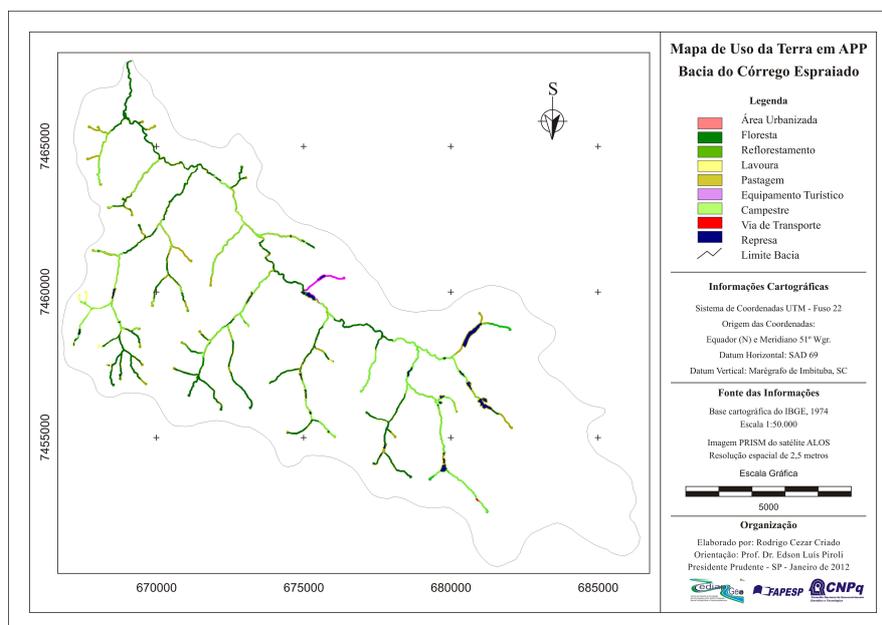


Figura 6 – Mapa de uso da terra em APP na bacia hidrográfica do córrego Espraiado.

Da mesma forma como os dados da Figura 4 foram organizados em mapas e tabelas (Figura 5), é possível realizar o mesmo procedimento utilizando os dados dos tipos de uso da terra apenas nas áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica, facilitando a identificação, por exemplo, dos principais usos inadequados nas APPs (Figura 7).

	Categoria	Área (ha)	Área (%)
Classe 2	Florestal	243,71	36,45
Classe 7	Campestre	201,25	30,10
Classe 5	Pastagem	166,48	24,90
Classe 4	Lavoura	31,78	4,75
Classe 3	Reflorestamento	11,88	1,77
Classe 6	Equipamento Turístico	11,31	1,70
Classe 1	Área Urbanizada	1,43	0,21
Classe 8	Via de Transporte	0,78	0,12
	TOTAL	668,62	100

Figura 7 – Tabela com os usos e ocupação de terra nas APPs da bacia hidrográfica.

Tais fatos foram observados com maior facilidade a partir da utilização de SIGs, os quais auxiliam na elaboração de mapas para melhor compreensão dos fenômenos estudados e na divulgação dos resultados obtidos, podendo assim contribuir para a resolução de problemas.

Conclusão

O presente trabalho espera ter colaborado para o fato de que as ferramentas de sensoriamento remoto e de sistemas de informações geográficas são fundamentais para a análise, planejamento e gestão de bacias hidrográficas, podendo ser aplicadas de diversas maneiras, utilizando filtros nos dados ou delimitando algumas áreas por exemplo, para facilitar a compreensão dos fatos estudados no espaço geográfico. Neste artigo foram analisados os tipos de uso da terra na bacia hidrográfica e em especial nas áreas de preservação permanente, porém as mesmas ferramentas podem ser utilizadas para analisar outros aspectos, dependendo do interesse do pesquisador.

Referências

ALTMAN, A. **Pagamento por serviços ambientais: aspectos jurídicos para a sua aplicação no Brasil.** in Anais do II Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: Recuperação de Áreas Degradadas Serviços Ambientais e Sustentabilidade, Taubaté, Brasil, 09-11 dezembro de 2009, IPABHi, p. 1-11.

BARRELLA, Walter. et al. **As Relações Entre as Matas Ciliares, os Rios e os Peixes,** In, RODRIGUES & LEITÃO FILHO (org.). Matas Ciliares Conservação e Recuperação, São Paulo, Ed. Universidade de São Paulo, Fapesp, 2001

BOIN, Marcos Norberto. **Chuvas e erosões no oeste paulista: uma análise climatológica aplicada.** Dissertação (Doutorado). Rio Claro. 2000.

BRASIL, Conselho Nacional de Meio Ambiente **CONAMA nº 302/2002.** Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno.

*GEOPROCESSAMENTO COMO FERRAMENTA PARA A ANÁLISE DO USO DA TERRA EM BACIAS
HIDROGRÁFICAS*

BRASIL, Conselho Nacional de Meio Ambiente **CONAMA nº 303/2002**. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Brasília: 2002. Diário Oficial da União, 20 de março de 2002.

BRASIL. **Lei nº 4.771/65**. Institui o novo Código Florestal. Brasília: 1965. Diário Oficial da União, 15 de dezembro de 1965.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 188p.

CRIADO, R. C. **Levantamento das áreas de preservação permanente no canal principal do alto curso do rio Paranapanema – SP**. Revista Geografia em Atos. Volume 2, Número 8. 2008. p. 12-20.
<http://revista.fct.unesp.br/ojs/index.php/geografiaematos/issue/view/34>

DÉSTRO, G. F. G.; CAMPOS, S. **SIG-SPRING na caracterização do uso dos solos a partir de imagens do satélite CBERS**. Energ. Agric.v.21, n.4, p.28-35, 2006.

GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. (org.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro. 1996.

MURGEL, Eduardo. **Fundamentos de acústica ambiental** – São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2007.

PIROLI, Edson Luís. **Disciplina de geoprocessamento : práticas em Idrisi – versão Taiga** / Edson Luís Piroli. - Ourinhos: Unesp/Campus Experimental de Ourinhos, 2010. 56 p. : ils

RODRIGUES, D. B. B. et al. **Uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do Ribeirão Salabra, MS**. in Anais do II Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: Recuperação de Áreas Degradadas Serviços Ambientais e Sustentabilidade, Taubaté, Brasil, 09-11 dezembro de 2009, IPABHi, p. 17-22.