

## Geoprocessamento na identificação de conflito do uso da terra em áreas de preservação permanente na Sub-Bacia do Rio Pardo, SP

Lucas Stamato Sampaio<sup>1</sup>  
Anderson Antonio da Conceição Sartori<sup>1</sup>  
Célia Regina Lopes Zimback<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista - UNESP/FCA  
Grupo de Estudos e Pesquisas Agrárias Georreferenciadas - GEPAG  
Caixa Postal 237 - 18610-307 - Botucatu - SP, Brasil  
lssampaio@fca.unesp.br, sartori80@gmail.com, czimback@gmail.com

**Abstract:** This work had as objective quantify and qualify the land use conflicts in permanent preservation areas (PPA) using thematic images from a High Resolution Camera (HRC) sensor, resolution of 2,7 m. The study area is located in the Rio Pardo watershed area, Botucatu, SP. The whole confection of the permanent preservation area limit was based on the Brazilian Forest Code and the CONAMA N° 303 (2002)'s resolution that were created in order to protect soil, biodiversity, water and other elements around the river. The results were obtained by an overlay combining the land use map with the drainage network map using GIS. Eight different land uses were mapped including native vegetation, urban areas, sugar cane, pasture, planted forest, riparian zones, annual cultures and bras. The results of mapping the land use conflicts in PPA showed that 834,62ha, which is equivalent to 66,53% of the total area, was classified as "bras", little weeds and brushwood that are usually cut off, burned or just abandoned. The class "pasture" was found in 31,96% of the total area of the Rio Pardo watershed area and in 11,68% of the PPA. The geotechnologies helped to identify, in our study area, what has been modified in the land use of the PPA, giving us support to sustainable managements and the re-establishment of the native vegetation.

**Palavras-chave:** land use conflicts in PPA, remote sensing, GIS, conflito do uso do solo em APP, sensoriamento remoto, SIG.

### 1. Introdução

Coletar informações confiáveis de um objeto ou uma área geográfica a partir de um ponto distante privilegiado tornou-se uma realidade nas ciências físicas, naturais e sociais a partir do desenvolvimento dos instrumentos do sensoriamento remoto (Jensen, 2007). Com o desenvolvimento de sofisticados algoritmos e a sua incorporação ao conjunto de funções dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), tem sido possível o processamento rápido e eficiente dos dados necessários para caracterização das variáveis morfométricas do terreno, essenciais para análise das intervenções antrópicas em bacias hidrográficas (Oliveira, 2002). Os produtos digitais confeccionados a partir desses procedimentos têm substituído, com vantagens, os métodos manuais tradicionalmente utilizados (Ribeiro et al., 2005), permitindo a obtenção de resultados menos subjetivos, em menor tempo e replicáveis (Tribe, 1992), e apresentando níveis de exatidão comparáveis com os obtidos por métodos manuais *in situ* (Eash, 1994).

Segundo Fonseca (2000) apud Poelking et al. (2007), o grande interesse do uso destas geotecnologias advém de sua temporalidade da informação juntamente com seu relativo baixo custo, quando se busca informações de uso e cobertura do solo, já que a paisagem é mudada constantemente pela ação do homem.

A tipologia de manejo aplicado e a identificação de problemas ambientais que se configuram em decorrência do uso do solo de uma bacia hidrográfica refletem diretamente a forma pela qual os recursos do espaço geográfico estão sendo apropriados por diferentes interesses econômicos, sociais, políticos e ecológicos (Guerra et al., 2005). A forma de uso da terra está relacionada com alterações nas interações bióticas e com a disponibilidade dos

recursos nos ecossistemas, determinando uma série de problemas ambientais em âmbito local e regional (Matson et al., 1997).

Um dos grandes desafios do homem para a conservação ambiental é concentrar esforços e recursos para a preservação e recuperação de áreas naturais consideradas estratégicas, das quais vários ecossistemas são dependentes. Dentre essas, destacam-se as APP's, que têm papel vital dentro de uma bacia hidrográfica, por serem responsáveis pela manutenção, preservação e conservação dos ecossistemas ali existentes (Magalhães e Ferreira, 2000).

O Código Florestal Brasileiro (Lei 4.771/65) instituiu há exatos 45 anos, as Áreas de Preservação Permanente (APPs), com a função ambiental de “preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas”. Esta norma foi elaborada buscando atenuar os efeitos erosivos e a lixiviação dos solos, contribuindo também para regularização do fluxo hídrico, redução do assoreamento dos cursos d’água e reservatórios, trazendo benefícios diretos para a fauna (Costa et al., 1996).

Devido ao crescimento populacional, ao êxodo rural e ao aumento do perímetro urbano atrelado a falhas na fiscalização dos órgãos públicos responsáveis, áreas prioritárias para a preservação dos recursos naturais estão sendo substituídas principalmente por culturas agrícolas e áreas urbanas. O presente estudo busca quantificar e qualificar aquelas áreas que estão conflitantes com o Código Florestal e com a resolução CONAMA n°. 303/2002 na sub-bacia hidrográfica do Rio Pardo, SP.

## 2. Material e Métodos

### 2.1 Localização geográfica da área

A sub-bacia Experimental do Rio Pardo-SP, que abrange áreas dos municípios de Botucatu e Pardinho, está localizada na região centro sul do Estado de São Paulo, como mostra na Figura 1. Está geograficamente localizada entre as coordenadas 23°06'14" e 22°56'07" de latitude sul e, 48°28'37" e 48°20'40" de longitude oeste de Greenwich, com altitudes variando entre 840 e 1000 metros e possui uma área de 153,71km<sup>2</sup>.

O Rio Pardo percorre um trecho de aproximadamente 27,6 km, é afluente direto do Rio Paranapanema, que por sua vez integra a bacia hidrográfica do Rio Paraná.



Figura 1. Localização geográfica da área de estudo

### 2.2 Imagem orbital

Para o mapeamento do uso e cobertura do solo foram empregadas imagens orbitais obtidas pelo sensor HRC (High Resolution Camera ou Câmera Pancromática de Alta Resolução) a bordo do satélite CBERS 2B. O sensor HRC possui uma única banda espectral, que opera no espectro do visível e infravermelho próximo e destaca-se pela alta resolução

espacial que oferece (com 2,7 metros). Foram necessárias duas cenas para o recobrimento de toda a área da sub-bacia. Essas cenas são referentes a passagem do dia 12 de julho de 2008. Na tabela 1 podem ser observadas as características do modo de operação do sensor HRC, a bordo do satélite CBERS 2B.

Tabela 1. Características do modo de operação do sensor HRC

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Resolução Radiométrica	Área Imageada
HRC	PAN	0,50 - 0,80 $\mu$ m	2,7 m	130 dias	8 bits	27 km (nadir)

Fonte: CBERS/INPE, 2009.

### 2.3 Sistemas computacionais

Foram utilizados os seguintes sistemas computacionais: IDRISI Andes (Eastman, 2006) para o processamento digital de imagens orbitais, operações de análise espacial e processo de tomada de decisão; CartaLinx da Clark Labs foi utilizado na vetorização em tela para elaboração do mapa de solos e uso e ocupação; CAD para a vetorização das curvas de nível e rede de drenagem.

### 2.4 Mapa de uso e cobertura do solo

O mapa de uso e cobertura do solo foi produzido pelo processamento digital das imagens orbitais.

Foi feita a correção geométrica utilizando o modelo de transformação polinomial de primeiro grau e o método de interpolação pelo vizinho mais próximo. Para essa correção haverá a identificação e o registro das coordenadas de pontos, denominados de controle, e que foi comum entre as imagens digitais CBERS 2B e uma imagem do satélite LANDSAT-5 que, por sua vez, representou as coordenadas reais.

As classes de uso e cobertura do solo foram definidas a partir do conhecimento de campo e pontos coletados com GPS.

### 2.5 Mapa da Área de Preservação Permanente

Para a definição da área de preservação permanente ao longo dos cursos d'água, utilizou-se o programa Autodesk Map na obtenção do "buffer" de 30m para cada lado de toda rede de drenagem da sub-bacia. Esse limite está fundamentado na resolução CONAMA nº 303/2002, Art.3º "constitui Área de Preservação Permanente a área situada em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima de trinta metros, para o curso d'água com menos de dez metros de largura", e no Código Florestal (Lei 4.771/1965), que considera essas áreas, cobertas ou não por vegetação nativa; "com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas".

### 2.6 Mapa de conflito de uso nas APP's

Na obtenção do mapa de conflito da sub-bacia do Rio Pardo utilizou-se da ferramenta "overlay" que realizou uma sobreposição do mapa de uso da terra com o das áreas de preservação permanente (APP). Este procedimento permitiu a confecção de um único mapa que mostrava onde o solo, no limite de 30m da APP, estava sendo utilizado segundo a

legislação e onde não. Uma análise quantitativa e qualitativa destas áreas também foi realizada.

A imagem CBERS2 passou por uma classificação supervisionada para que o mapa de uso fosse obtido, enquanto o mapa da rede de drenagem gerou subsídio para a confecção do mapa da APP.

### 3. Resultados e discussões

Com a classificação da imagem de satélite CBERS-2 foi possível mapear oito diferentes tipos de uso e cobertura do solo presentes na área em estudo: área urbana, corpos d'água, culturas anuais, cana de açúcar, pastagem, floresta plantada, mata capoeira e mata nativa, como ilustra a Figura 2.

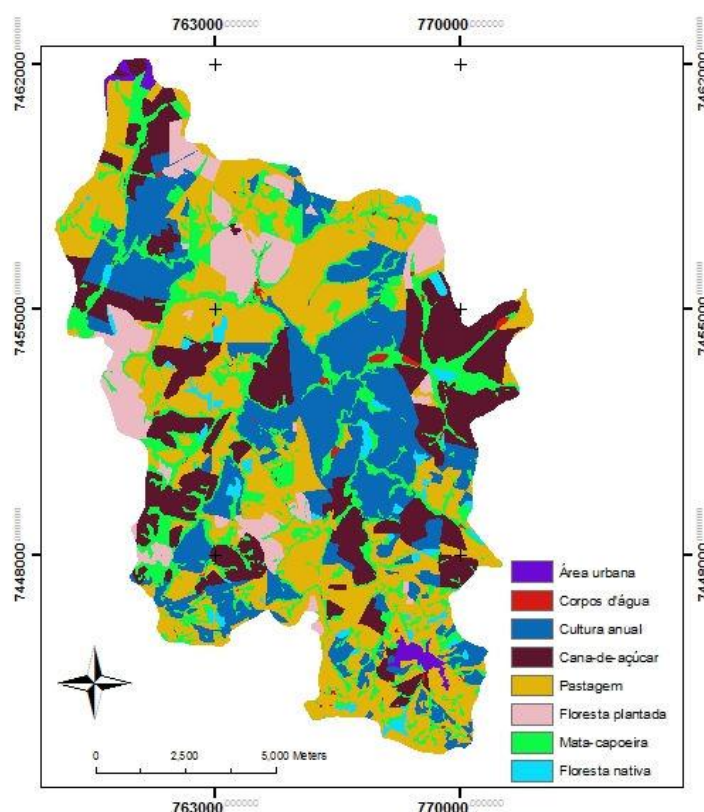


Figura 2. Mapa do uso e cobertura do solo da sub-bacia do Rio Pardo-SP (Sartori, 2010).

Com o mapa de uso e cobertura do solo observou-se que na bacia existe o predomínio do uso agrícola do solo como, cultura anual, cana-de-açúcar, pastagem e floresta plantada.

Pela distribuição dos usos na sub-bacia (tabela 2) pode-se constatar que a maior parte dela está ocupada por agricultura, sendo 22% por culturas anuais e 18% pela cana de açúcar (semi-perene). Estes dados refletem uma grande mobilização do solo e conseqüentemente uma perda do mesmo. Isso se deve à mecanização das lavouras, causando diminuição da espessura do solo, e conseqüentemente a diminuição do teor de matéria orgânica e de outros nutrientes, além de aumentar os perigos de erosão da área.

Outra classe de uso significativa é a pastagem (32%) que proporciona o recobrimento do solo durante o ano todo, se bem manejada. Esta classe contribui com a redução da velocidade do escoamento superficial, quando comparado com culturas agrícolas de plantio convencional, que deixam o solo exposto durante o preparo do mesmo. No entanto, esta vegetação rasteira não possui uma diversidade e fisionomia ideal para algumas regiões da sub-bacia hidrográfica como é o caso das áreas de APP.

Existem muitas áreas de mata em regeneração, principalmente em áreas de borda dos fragmentos de floresta, com muitas espécies pioneiras, típica de capoeira, dada a proximidade das áreas urbanas e utilizadas com agropecuária durante muitos anos. Poucas áreas vegetadas no município são matas “primárias” e, dada a dificuldade de diferenciação nas imagens, optou-se pela inclusão de capoeiras junto à classe mata-capoeira (Sartori, 2010).

A área coberta por vegetação nativa (fragmentos florestais nativos) ocupa cerca de 18% da área total de estudo sendo que a mata nativa e mata capoeira correspondem, respectivamente, a apenas 2,2% e 16,2%. A cobertura florestal confere proteção ao solo contra o impacto direto das gotas de chuva, diminuindo a velocidade de escoamento superficial e favorecendo a infiltração de água no solo.

As áreas de preservação permanente foram delimitadas de acordo com as orientações do Código Florestal Brasileiro (Lei 4.771/65), contabilizando 8,16% da área da sub-bacia Experimental do Rio Pardo.

Foram avaliadas áreas de uso adequado e áreas de uso inadequado (conflito) tendo como uso inadequado basicamente alterações de ordem antrópica, como as classes área urbana, culturas anuais, cana de açúcar, pastagem, floresta plantada e corpos d’água (lagoas e represas) ilustradas na Figura 3. Nos dados obtidos para as classes culturas anuais e cana de açúcar, observa-se que as mesmas possuem respectivamente cerca de 25% e 21% de sua área total plantada dentro da área de preservação permanente. Na área de 1254,54 ha, em 5,57% são plantadas culturas anuais e em 3,86% há o cultivo da cana de açúcar.

A classe pastagem, assim como demonstrou grande área dentro da sub-bacia, foi identificada em 11,68% da área de APP, visto que a pecuária foi anteriormente uma das principais fontes econômicas dos agricultores da região.

A expansão urbana das cidades de Botucatu e Pardinho não gera grandes problemas até o dado momento na sub-bacia do Rio Pardo representando apenas 0,32% da área de preservação permanente.

Verificou-se que as áreas ocupadas por vegetação nativa, considerando mata capoeira e mata nativa, correspondem a 70,95% da área total de APP, que é de significativa importância para a conservação do solo e da água. Porém, em 94% desta vegetação nativa, correspondente a 66,53% da área de preservação permanente, observam-se fragmentos de mata capoeira, ou seja, matas de regeneração sendo prioritariamente regiões de borda das florestas nativas dominadas por plantas pioneiras. Locais próximos a centros urbanos e principalmente áreas que tiveram a agropecuária como principal uso durante muitos anos apresentam este tipo de vegetação.

O abandono da pecuária por parte de muitos agricultores da região levou a uma sucessão natural de espécies vegetais do bioma que começaram aos poucos a colonizar este espaço. Na teoria esta sucessão parece ideal para uma recomposição da mata ciliar na área de APP, porém na prática a falta de cercas e divisórias adequadas levaram muitos animais a utilizarem de tempos em tempos estas áreas, impedindo assim que a mata nativa se estabeleça definitivamente.

Com uma área de 834,62ha dentro dos 1254,54ha de APP, a mata capoeira, com suas diferentes fisionomias e hábitos arbóreos, deve ser acompanhada e manejada de forma adequada pelos órgãos ambientais responsáveis para que estes se enquadrem às exigências legais de uma área de preservação permanente.

Tabela 2. Quantificações das classes de uso da terra e uso em conflito com as APPs

Classes de uso da terra	Área da sub-bacia		Uso em APP	
	ha	%	ha	%
Área urbana	126,54	0,82	4,05	0,32
Corpos d'água	84,46	0,54	76	6,06
Culturas anuais	3392,96	22,08	48,42	5,57
Cana de açúcar	2818,91	18,33	69,86	3,86
Pastagem	4912,90	31,96	146,56	11,68
Floresta plantada	1222,97	7,95	19,57	1,56
Mata capoeira	2473,98	16,20	834,62	66,53
Mata nativa	339,87	2,21	55,46	4,42
<b>Total</b>	<b>15372,58</b>	<b>100</b>	<b>1254,54</b>	<b>100</b>

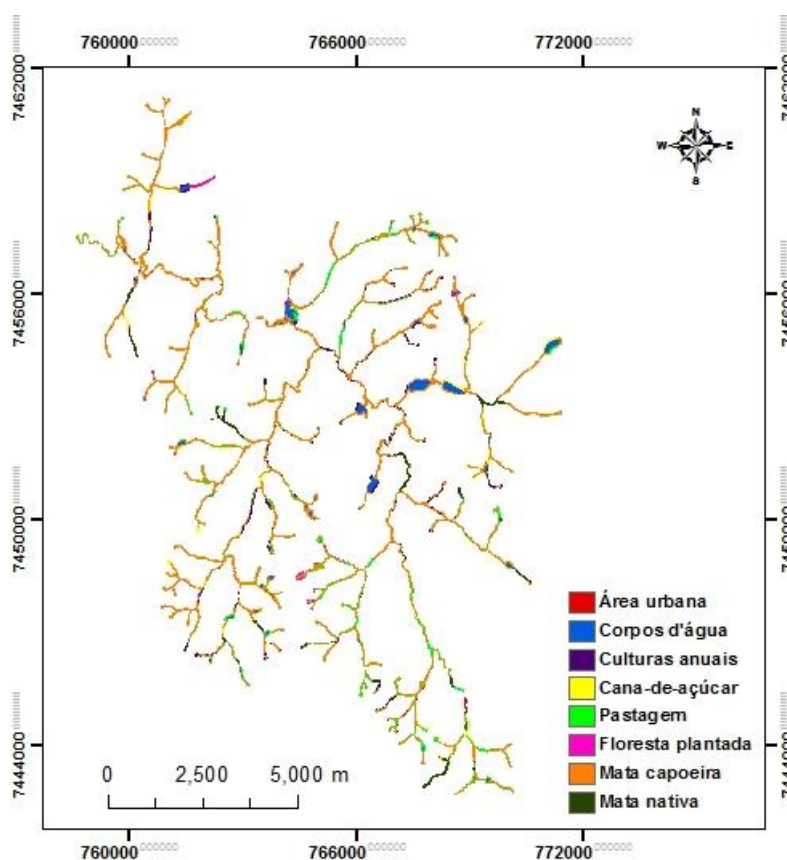


Figura 3. Mapa de conflito do uso do solo em APP.

Áreas de preservação permanente de encostas e terço superior de morro, apesar de também serem citadas na legislação, não foram consideradas, uma vez que as mesmas não foram identificadas na área de estudo.

#### 4. Conclusão

Com o mapeamento das áreas de conflito de uso na Bacia Experimental do Rio Pardo, verificou-se que mais de 65% da área de preservação permanente (APP) está ocupada pela classe mata capoeira em seus diferentes níveis de desenvolvimento da vegetação pioneira evidenciando uma cobertura do solo incompatível em grande parte da área às demandas instituídas pela legislação brasileira.

Com o mapeamento do uso e cobertura do solo constatou-se que pouco mais de 30% da área total da sub-bacia é ocupada por pastagens, sendo que cerca de 12% estão dentro da APP demonstrando ainda a grande importância da pecuária na região. Os mais de 22% de culturas anuais e os 18% de cana de açúcar na sub-bacia demonstraram também expressiva relevância na escolha dos agricultores regionais.

O SIG mostrou-se adequado para elaboração de banco de dados georreferenciados e processamento de imagens.

#### 5. Referências

- Costa, T.; Costa, C.; Souza, M. G.; Brites, R. S. Delimitação e caracterização de áreas de preservação permanente por meio de um sistema de informações geográficas (SIG). **Revista Arvore**, Viçosa, v. 20, n. 1, p. 129-135, 1996.
- Eash, D. A. A. Geographic information system procedure to quantify drainage-basin characteristic. **Water Resources Bulletin**, v. 30 p. 1-8, 1994.
- Eastman, J. R. **Idrisi Andes**: Tutorial. Worcester, MA: Clark University, 2006.
- Guerra, G. L.; Costa, D. P. da; Silva, V. V. da; Ferreira, A. M. M. **Identificação dos padrões de uso e cobertura do solo através da aplicação de geotecnologias: o caso do Parque Estadual das Várzeas do rio Ivinhema, MS**. Disponível em: <[http://www.igeo.uerj.br/VICBG-2004/Eixo2/E2\\_085.htm](http://www.igeo.uerj.br/VICBG-2004/Eixo2/E2_085.htm)>. Acesso em: 07 out. 2005.
- Jensen, J. R, 2009. Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma perspectiva de recursos terrestre. Editora Parêntese, São José dos Campos. 672 p.
- Magalhães, C.S.; Ferreira, R.M. Áreas de preservação permanente em uma microbacia. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte. V. 21, n.207, p. 33-39, 2000.
- Matson, P. A., W. J. Parton, A. G. Power, and M. Swift. 1997. Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science* 277:504–509.
- Oliveira, M. J. Proposta metodológica para delimitação automática de Áreas de Preservação Permanente em topos de morro e em linha de cumeada. 2002. 53p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Vicoso, 2002.
- Poelking, E. L.; Lauermann, A.; Dalmolin, R. S. D.; **Imagens CBERS na geração de NDVI no estudo da dinâmica da vegetação em período de estresse hídrico**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2007
- Sartori, A. A. C. Análise Multicritérios na Definição de Áreas Prioritárias à Conectividade entre Fragmentos Florestais. Botucatu, 2010. 98p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.
- Tribe, A. Automated recognition of valley lines and drainage networks from grid digital elevation models: a review and a new method. **Journal of Hidrology**, v. 139, p. 263-293, 1992.