

Delimitação de Áreas de Preservação Permanente das sub-bacias do Reservatório Jaguari-jacareí, Sistema Cantareira (SP) - classificação e identificação de conflito na cobertura da terra (2013)

Carolyne Bueno Machado¹
Alana Kasahara Neves¹

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
{carolyne.machado; alana.neves}@inpe.br

Abstract. The natural vegetation has an important contribution at the protection of water resources, legally supported by the Forest Code, which established the Permanent Preservation Areas (APP). The reservoirs of the Cantareira System, especially Jaguari-Jacareí, suffered severe water crisis in recent years, evidencing the importance of protecting their contribution area. This study aimed to classify automatically land cover in these regions of interest and assess conflict areas with the law in the APP, delimited by geoprocessing techniques. APP's delimitation was based on the IBGE drainage network, a digital elevation model and orbital images of the surface. It was used the object-based supervised classification of RapidEye images (2013). The automatic classification obtained an accuracy above 92%. Building areas and exposed soil were the classes with greater confusion each other, as well as reforestation and tree vegetation classes. The results showed that around half of the preservation area presented conflicting land cover, not being covered by tree vegetation. Grass was the class with greater conflict inside the APPs, occupying more than 41% of the area. The reservoir's APP had only 32.7% of non-conflicting class. Therefore, is evident the requirement for regulation of such preservation areas, mainly because it is an extremely important supply system for the population.

Palavras-chave: water resources, Forest Code, land cover, GEOBIA, recursos hídricos, Código Florestal, cobertura da terra, GEOBIA.

1. Introdução

A vegetação presente nas matas ciliares possui papel essencial na preservação dos recursos hídricos por promover o escoamento subsuperficial da água. O escoamento subsuperficial aumenta a infiltração da água no solo, evitando: deslizamentos, contaminação por agrotóxicos e assoreamento dos recursos hídricos (GAMBERINI, 2006).

Além de proteger diretamente os corpos hídricos, as formações florestais retiram umidade do solo e devolvem para a atmosfera por meio da evapotranspiração, reciclando a precipitação (ARAGÃO, 2012). A formação de nuvens é favorecida pelas plantas, não somente pelo vapor de água, mas também por liberarem compostos orgânicos voláteis que servem de núcleos de condensação (NOBRE, 2014). Potencializa-se, assim, a preocupação da comunidade científica com a proteção tanto das matas ciliares quanto das formações florestais de forma geral.

De acordo com Marengo et al. (2010), mesmo o Brasil possuindo grande disponibilidade hídrica, o acesso à água passa por grande desigualdade regional, sendo que as regiões úmidas do Sul e Sudeste, onde vivem 60 % da população, e que contavam com amplas reservas de recursos hídricos, passaram a enfrentar ameaça crescente de escassez de água, local ou generalizada. Exemplo de tal problema foi a crise hídrica dos reservatórios do Sistema de abastecimento de água do Cantareira, em São Paulo, que tiveram seu volume útil total de 981,55 hm³ (hectômetros cúbicos) esgotado em julho de 2014 (CEMADEN, 2015). Portanto, torna-se de grande importância a avaliação da proteção das regiões de entorno e de contribuição destes sistemas de abastecimento. Para isso, é fundamental a utilização do amparo legal, como uma métrica válida e probatória.

O principal artifício legal utilizado para disciplinar os conflitos de uso, cobertura e ocupação da terra consiste no Código Florestal Brasileiro, instituído pela Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa (BRASIL, 2012). Em seu Art. 3º e inciso II, essas áreas são definidas por Área de Preservação Permanente (APP):

Área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico da fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

A dificuldade na demarcação precisa das APPs pode resultar em fronteiras inadequadas, que podem provocar o uso impróprio dos recursos naturais (COSTA et al., 1996). Dessa forma, a utilização de tecnologias de sensoriamento remoto, sistemas de informações geográficas (SIG) e processamento digital de imagens são fundamentais no mapeamento e conhecimento dos recursos naturais e, conseqüentemente, na delimitação das áreas de preservação (SOARES et al., 2011).

A cobertura da terra corresponde ao tipo de revestimento do solo em determinado momento, enquanto o uso relaciona-se com a função socioeconômica da superfície (culturas temporárias, culturas permanentes, pastagem, silvicultura, dentre outras) (IBGE, 2013).

Para identificar as áreas de preservação em conflito, foi considerada aqui somente a análise da cobertura da terra. Afinal, a caracterização do uso e ocupação necessita de dados ambientais secundários e de uma análise temporal, já que a utilização de uma única cena orbital mostra um corte no tempo do que está acontecendo na superfície terrestre. Além disso, a proteção das APPs foi associada com a cobertura por vegetação arbórea natural. Portanto, objetivou-se delimitar as APPs dentro da área de entorno do reservatório principal do Sistema Cantareira, o Jaguari-jacareí, e, classificar, de forma automática e visual, a cobertura da terra, utilizando imagens com resolução espacial fina. Essa metodologia permitiu identificar os conflitos de cobertura da terra nas áreas de preservação para o ano de 2013.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de estudo

A área de estudo abrange duas sub-bacias contribuintes do Reservatório Jaguari-jacareí, principal contribuinte do Sistema Cantareira, integrando: 1) parte da sub-bacia do Rio Jaguari; e 2) a sub-bacia do Rio Jacareí, com foz no Rio Jaguari. Assim, delimitou-se a área principal de entorno do reservatório e parte de sua área de contribuição (Figura 1), totalizando cerca de 370 km². A área selecionada se estende por parte do território de quatro municípios em São Paulo: Joanópolis, Vargem, Bragança Paulista, Piracaia; e por Extrema, em Minas Gerais.

O Sistema Cantareira consiste no maior produtor de água da região metropolitana de São Paulo, sendo responsável pelo abastecimento de cerca de nove milhões de pessoas na capital e em outros 10 municípios (ANA, 2015). Sua área produtora de água é de aproximadamente 227.950 ha, com vazão de 33 mil litros por segundo, dos quais 22 vêm dos reservatórios Jaguari-Jacareí (Figura 1-a). Estes reservatórios entraram em operação em maio de 1982, sendo formados por duas barragens e um canal de interligação que os constitui em um só reservatório (WHATLEY e CUNHA, 2007).

2.2 Pré-processamento dos dados

Os dados externos utilizados neste trabalho estão apresentados na Tabela 1. A rede de drenagem vetorizada pelo IBGE abrange três cartas topográficas de 1972: Camanducaia, folha SF.23-Y-B-IV-4; Extrema, folha SF.23-Y-B-IV-3; e Piracaia, folha SF.23-Y-D-I-1. Utilizou-se o mosaico de duas cenas do *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM), obtidas em 2000.

Tabela 1. Banco de dados utilizados.

| Tema | Dado base | Descrição | Fonte |
|--------------------|------------------|--|--|
| Drenagem | Hidrografia | Escala 1:50.000 | Cartas topográficas vetorizadas do IBGE |
| Hipsometria | Imagens SRTM | Resolução de 30 m | USGS |
| Cobertura da terra | Imagens RapidEye | Resolução de 5 m com 5 bandas espectrais | Geo catálogo - Ministério do Meio Ambiente (MMA) |

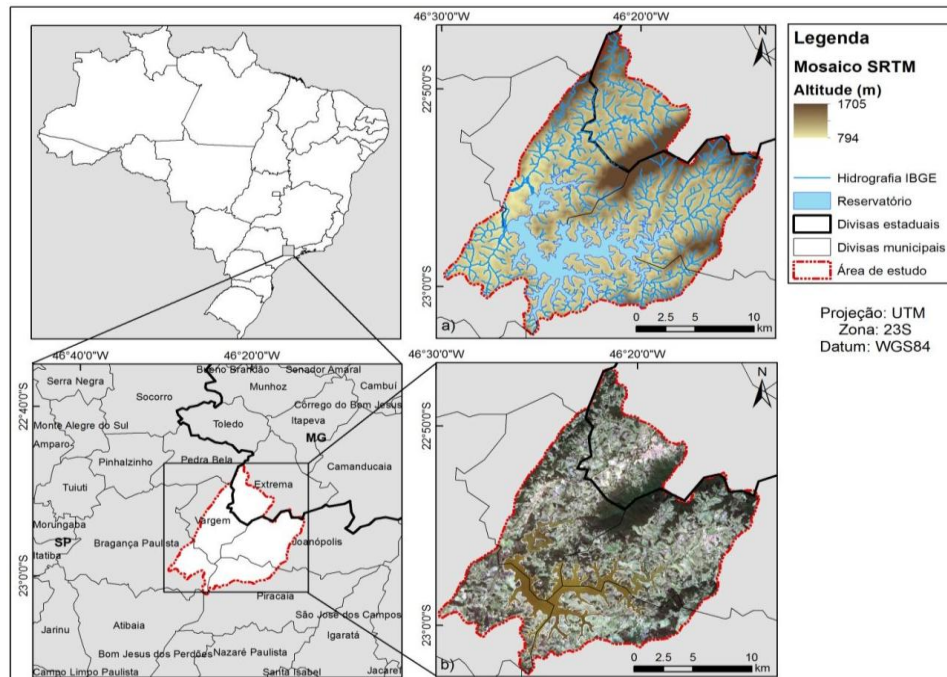


Figura 1. Localização da área de estudo. Hipsometria do terreno composta pelas cenas SRTM, destaque para o Reservatório Jaguari-jacaréi (a) e mosaico das imagens RapidEye em (b), composição contrastada (R1G2B3).

2.2.1 Imagens RapidEye

As imagens orbitais utilizadas foram obtidas pela constelação de satélites RapidEye. As imagens contém *swath* de 77 km e 5 bandas: 3 nas faixas espectrais do visível; uma *rededge* de 690 a 730 nm; e uma no infravermelho próximo. Foram selecionadas as cenas de 2013, já ortorretificadas, referentes aos tiles 2328508, 2328509, e 2328409. As imagens foram obtidas em setembro e outubro, ou seja, em diferentes condições de iluminação.

Para normalizar a escala de brilho das cenas foi realizado o mosaico com equalização de histograma de cada banda, no software ENVI 4.8, com as imagens em número digital, de forma a tentar diminuir as diferenças de iluminação e facilitar a classificação automática. Esta é uma técnica de processamento digital bastante utilizada na obtenção de mosaicos de várias imagens, no qual se opta por uma de referência (imagens de setembro) enquanto as demais sofrem a transformação radiométrica (MENESES e SANO, 2012).

O contorno do reservatório também foi obtido com base nas imagens orbitais. De acordo com o Código Florestal a delimitação das APPs de rios e lagos deve ser considerada a partir do leito regular destes corpos hídricos (BRASIL, 2012). Porém, em 2013 e 2014 houve perda considerável de volume dos reservatórios devido ao déficit hídrico na região (CERQUEIRA et al., 2015). Portanto, para obter o leito regular do reservatório Jaguari-jacaréi foi realizada a segmentação da imagem RapidEye (seção 2.4.1), no qual a área do reservatório foi considerada como a soma do segmento de água e o de borda (Figura 1-a).

2.2.2 Rede de drenagem e imagens SRTM

Por meio das imagens SRTM foram geradas curvas de nível de 30 m e as grades de declividade em graus. Com base nas curvas de nível e na hidrografia corrigida do IBGE foi definido o polígono da área de estudo (Figura 1).

A partir do modelo digital de elevação (MDE) composto pelas imagens SRTM foi gerado o Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC), que corrige as depressões presentes nos MDEs. Estas depressões são células cercadas por outras de maior valor de elevação, que acarretam descontinuidade no escoamento (FERREIRA et al., 2011).

Essa etapa foi realizada com a ferramenta de interpolação *Topo to Raster* no software ARCGIS 10, metodologia também utilizada por Peluzio et al. (2010). A interpolação teve como entrada os seguintes dados: os pontos altimétricos de cada pixel SRTM; a hidrografia do IBGE corrigida; e o polígono do reservatório. O MDEHC foi gerado para realizar a delimitação das APPs em topos de morros, descrita na seção seguinte.

2.3 Delimitação das APPs

As classes de APPs definidas pelo Código Florestal e delimitadas no presente trabalho estão descritas na Tabela 2. As nascentes foram definidas pelos vértices da rede de drenagem, Markus (2003).

O Rio Jaguari foi o único corpo hídrico que se enquadrou na categoria de largura entre 10 e 50 m, tanto a montante quanto a jusante do reservatório, o que foi verificado por meio do *Google Earth*. Os demais rios foram considerados na categoria de largura menor que 10 m.

Tabela 2. Delimitação das classes de APP.

| APP | Delimitação |
|----------------------------------|--|
| Nascentes | Raio mínimo de 50 m. |
| Rios de largura menor que 10 m | 30 m do leito regular. |
| Rios com largura entre 10 e 50 m | 50 m do leito regular. |
| Reservatórios artificiais | Entorno dos reservatórios, com faixa definida na licença ambiental do empreendimento. Faixa mínima de 30 m em área rural, 15 m em área urbana e máxima de 100 m. |
| Encostas | Encostas ou partes destas com declividade superior a 45°. |
| Topos de morros | Áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação, sempre em relação à base. |

Fonte: Brasil (2012).

Quanto aos reservatórios de abastecimento a legislação não define um valor fixo, permitindo que seja aplicada a largura determinada no licenciamento. Segundo a SABESP (2015) o EIA/RIMA considerou um critério conservador de 100 m de largura para APP.

A delimitação de APP nos topos de morros foi realizada no software ARCGIS 10 e seguiu a metodologia utilizada por Peluzio et al. (2010), com alterações, pois esta considerava o Código Florestal anterior ao vigente e a definição de morros foi modificada na nova legislação. Consideram-se como morros: os montes, montanhas, morros e serras, com altura mínima de 100 m e inclinação média maior que 25° (BRASIL, 2012).

2.4 Classificação da cobertura da terra

Para a distinção das diferentes classes de cobertura, utilizou-se a abordagem de classificação orientada a objetos, ou GEOBIA (Geographic Object-Based Image Analysis). Essa abordagem propõe a partição da imagem em fragmentos (objetos), que consistem em padrões espaciais que devem coincidir com os fragmentos reais a serem representados. De forma geral, um fragmento consiste em uma unidade da paisagem que difere de seu entorno em aparência ou funcionalmente (BLASCHKE e STROBL, 2001). A classificação baseada em objetos segue as seguintes etapas: segmentação, extração e seleção de atributos, mineração de dados e, por fim, a classificação.

2.4.1 Segmentação

A segmentação tem como objetivo a separação da imagem em regiões homogêneas, nas quais pixels com comportamento semelhantes são agrupados entre si de acordo com determinados parâmetros. A etapa de segmentação foi realizada no software *eCognition Developer* 64 9.0.1. Utilizou-se a segmentação multirresolução, que permite a realização da

segmentação em vários níveis de escala relacionados entre si e baseia-se no método de crescimento de regiões (BAATZ e SCHÄPE, 2015). Esta segmentação baseia-se em três parâmetros: escala, forma e compacidade. No presente trabalho, utilizou-se apenas um nível de segmentação e estes parâmetros foram de 350, 0,3 e 0,5, respectivamente.

2.4.2 Extração e Seleção de Atributos

Após a segmentação, realizou-se a extração de atributos dos segmentos. O objetivo dessa etapa é caracterizar os objetos criados na segmentação, por meio de atributos que serão utilizados na classificação (DUDA *et al.*, 2001). Os atributos estão relacionados não somente às propriedades espectrais, mas também refletem características geométricas, de forma, texturais, contextuais e semânticas (PRATT, 2001).

A extração de atributos foi feita no software *eCognition Developer 64 9.0.1*. Inicialmente foram extraídos 34 atributos e posteriormente foram selecionados os mais relevantes na diferenciação dos padrões de interesse. A seleção de atributos foi feita no software *Weka 3.6* (HALL *et al.*, 2009), utilizando o método *Wrapper*, que calcula pontuações para determinados subconjuntos de atributos. O subconjunto mais bem pontuado é o escolhido.

Após a execução do *Wrapper*, foram selecionados quatro atributos para entrarem na classificação: brilho, que é a média da soma das médias das bandas de 1 a 5; média da banda 1; média da banda 3; e máxima diferença, que se trata da amplitude média das bandas.

2.4.3 Mineração de Dados e Classificação

Os atributos selecionados na etapa anterior foram utilizados na mineração de dados e para encontrar padrões, tendências e correlações, que torna possível a associação do objeto com sua respectiva classe (LAROSE, 2014). Para isso, utilizou-se o algoritmo J48, implementado no software *Weka 3.6*, que constrói uma árvore de decisão baseada nos atributos para classificar os objetos de acordo com as classes de cobertura da terra, que foram: reflorestamento, solo exposto, vegetação rasteira, área construída, vegetação arbórea e água (Figura 2). A escolha das classes utilizadas foi baseada nos estudos realizados por Whately e Cunha (2007) e IBGE (2013).

Foram selecionadas 100 amostras de cada classe para o treinamento do classificador e construção da árvore de decisão (modelo de classificação). Após a construção do modelo, todos os demais objetos (conjunto de teste) presentes na imagem foram classificados. Para avaliar a classificação utilizou-se a matriz de confusão do conjunto de teste. Foram consideradas como classes conflituosas as não associadas à vegetação arbórea. Após a classificação automática, fez-se a edição visual para corrigir possíveis erros do modelo.

| Tipologia | Amostra (RapidEye) | Amostra (Google Earth) | Padrão | Descrição |
|--------------------|--------------------|------------------------|---|--|
| Reflorestamento | | | Textura: lisa Formato: regular/irregular Cor: Verde claro | Estrato arbóreo composto por floresta plantada. |
| Solo exposto | | | Textura: lisa Formato: irregular/regular Cor: magenta | Áreas de solo exposto. São incluídos nessa classe também os afloramentos rochosos. |
| Vegetação Rasteira | | | Textura: lisa ou rugosa Formato: regular/irregular Cor: verde claro | Áreas com vegetação de pequeno porte, gramíneas e vegetação arbustiva. Inclui regiões em estágios iniciais de regeneração. |
| Área Construída | | | Textura: rugosa/lisa Formato: regular Cor: magenta | Regiões relacionadas à antropização e impermeabilização do solo. Estão incluídas: áreas urbanas, estradas, construções em áreas rurais, etc. |
| Vegetação Arbórea | | | Textura: rugosa Formato: irregular/regular Cor: verde claro/escuro | Estrato arbóreo pouco alterado ou inalterado, composto por vegetação natural. |
| Água | | | Textura: lisa Formato: irregular Cor: azul escuro | Representada pelos corpos d'água existentes na região. Inclui reservatórios, rios, lagos naturais e lagos artificiais. |

Figura 2. Tabela de tipologia das classes de cobertura da terra na composição R4G5B3.

3. Resultados e discussão

A APP delimitada teve cerca de 100 km², 27 % da área de estudo. A APP em topos de morros foi a de maior área, representando 51 % do total. A APP ao redor do reservatório também teve área expressiva, de aproximadamente 21 % em relação à área de preservação total. A Figura 3-a apresenta um exemplo com a delimitação de cada APP da Tabela 2.

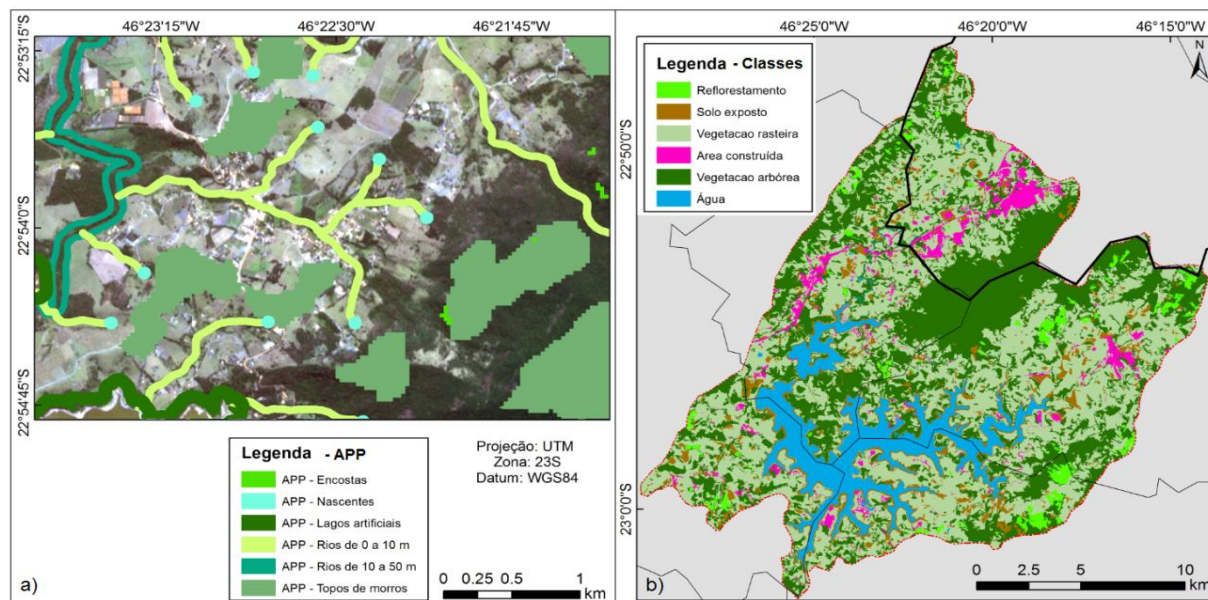


Figura 3. Exemplo de delimitação das classes de APP sobre a imagem RapidEye, composição contrastada (R1G2B3) (a). Classificação da cobertura da terra na área de estudo (b).

A classificação automática da cobertura da terra (Figura 3-b) teve um acerto de 92,39 %. As classes de vegetação rasteira e água obtiveram 100 % de acerto. A vegetação arbórea e o reflorestamento apresentaram uma pequena confusão entre si: 5,8 % do reflorestamento foi classificado como vegetação arbórea e 9 % da vegetação arbórea como reflorestamento. Apesar das respostas espectrais dessas duas classes serem semelhantes (alto brilho no infravermelho próximo e maior resposta da banda verde em relação às demais do visível), as espécies utilizadas em áreas de reflorestamento são, muitas vezes, diferentes daquelas da vegetação nativa e existe pouca variedade. Além disso, em áreas de vegetação arbórea natural, a grande diversidade de espécies, e, a diferença na data de início do crescimento dos indivíduos, causa um maior sombreamento, gerando diferentes padrões texturais.

Ocorreu confusão entre solo exposto e área construída, sendo que 5 % do solo exposto foi inicialmente classificado como área construída e 14 % da área construída foi classificada como solo exposto. Segmentos delimitando áreas construídas podem possuir em sua composição diversos tipos de materiais, dentre eles solo, asfalto, concreto, etc. Além disso, a reflectância de alvos referentes a construções (telhas, concreto, etc.) estão relacionados com a composição do material (SOUSA e KUX, 2005), muitas vezes contendo elementos semelhantes àqueles presentes no solo, como a sílica.

Na Tabela 3 estão quantificadas as áreas de cada classe na área total e nas APPs. Apenas 34,6 % da área de estudo teve cobertura classificada como vegetação arbórea, sendo que a classe de vegetação rasteira foi predominante, ocupando mais de 43 % da área. A vegetação rasteira pode incluir usos de cultivo agrícola e pastagem, por exemplo, por isso apresenta um percentual tão alto na área de estudo. Um pequeno percentual da área foi correspondente à classe de reflorestamento e de solo exposto, sendo que este último se estendeu principalmente na borda do reservatório e em áreas de solo preparado para cultivo.

Tabela 3. Área e porcentagem das classes de cobertura da terra.

| Classe de cobertura | Área de estudo | | APPs | |
|---------------------|-------------------------|--------|-------------------------|--------|
| | Área (km ²) | % | Área (km ²) | % |
| Reflorestamento | 9,02 | 2,43 | 3,22 | 3,22 |
| Solo exposto | 23,39 | 6,31 | 3,52 | 3,52 |
| Vegetação Rasteira | 160,93 | 43,41 | 41,07 | 41,05 |
| Área Construída | 13,55 | 3,66 | 1,62 | 1,62 |
| Vegetação Arbórea | 128,23 | 34,59 | 50,36 | 50,33 |
| Água | 35,57 | 9,60 | 0,25 | 0,25 |
| Total | 370,69 | 100,00 | 100,05 | 100,00 |

Como se observa na Tabela 3 apenas 50,3 % das APPs não apresentou conflito de cobertura da terra. A classe de vegetação rasteira teve ocupação expressiva tanto área total de estudo como nas APPs. A classe de maior alteração proporcional à área total foi evidentemente a de vegetação arbórea, porém, sua extensão ainda foi pequena, de forma que praticamente metade das APPs pode estar desprotegida.

A área de morros, que foi a maior APP delimitada, apresentou 58,7 % de cobertura por vegetação arbórea, sendo esta a APP mais protegida, com exceção das encostas que tiveram percentual de proteção acima de 91 %, no entanto, as encostas ocuparam somente 0,1 % da área total de APP. As nascentes apresentaram aproximadamente 55 % de área coberta por vegetação arbórea. Já na APP do Reservatório Jaguari-jacareí esse percentual foi de somente 32,7 %, o mais baixo. Nas APPs dos rios, em média esse percentual foi de 49 %.

Essas áreas legalmente amparadas apresentaram percentual de proteção muito baixo, que pode estar comprometendo a qualidade/quantidade destes recursos hídricos.

4. Conclusões

A utilização da classificação orientada a objetos foi efetiva na diferenciação dos alvos na imagem de alta resolução utilizada. A GEOBIA também permitiu a utilização de parâmetros espectrais adicionais.

A delimitação das APPs, por meio de técnicas de sensoriamento remoto e SIGs, foi satisfatória, apesar da necessidade em integrar dados de diferentes fontes, escalas e períodos de tempo.

Os resultados obtidos com a metodologia abordada apontam o não cumprimento da legislação dentro das APPs. Em um atual cenário de crise hídrica, não se observa o compromisso em proteger o mínimo de vegetação nativa essencial para os corpos hídricos.

Referências Bibliográficas

ANA. **Sistema Cantareira**. Agência Nacional de Águas, 2015. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/outorgaefiscalizacao/sistemacantareira.aspx>> Acesso em 05 de junho de 2015.

Aragão, L. E. O. C. Environmental science: The rainforest's water pump. **Nature**. n. 489, p. 217-218, 2012.

Baatz, M.; Schape, A. **Multiresolution Segmentation**: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. 2015. Disponível em: <http://www.ecognition.com/sites/default/files/405_baatz_fp_12.pdf>. 2015.

Blaschke, T.; Strobl, J. What's wrong with pixels? Some recent developments interfacing remote sensing and GIS. **GIS – Zeitschrift für Geoinformationssysteme** 14 (6). p. 12-17. 2001.

Brasil, Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Código Florestal Brasileiro**. Diário Oficial, Brasília, 25 mai. 2012.

CEMADEN. **Relatório da Situação Atual e Previsão Hidrológica para o Sistema Cantareira**. São José dos Campos, 29 de janeiro de 2015. 2015.

Cerqueira, G. A. *et al.* **A Crise Hídrica e suas Consequências**. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, abril/2015. (Boletim Legislativo nº 27, de 2015). Disponível em: <<http://www12.senado.gov.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/boletins-legislativos/bol27>> Acesso em 05 de junho de 2015.

Costa, T.C. C.; De Souza, M. G.; Brites, R. S. Delimitação e caracterização de áreas de preservação permanente, por meio de um sistema de informações geográficas (SIG). In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.VIII., 1996, Salvador. **Anais...** Salvador: INPE, 1996. p. 121-127.

Duda, R.O.; Hart, P.E.; Stork, D.G. **Pattern Classification**. 2 ed. New York, Wiley, 2001.

Ferreira, G. M.; Almeida, M. M.; Silva, P. A. B.; Mendonça, A. S. F. **Utilização de modelo digital de elevação hidrologicamente consistente na obtenção de características morfológicas de bacias hidrográficas**. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Maceió, 2011.

Gamberini, M. **Mata Ciliar-Importância, Conservação e Recuperação**. INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL. 2006. Disponível em: <<http://ciliosdoribeira.org.br/files/ApresentacaoMataCiliar-CampanhaRibeira24-05-07.pdf>> Acesso em 25 de novembro de 2015.

Hall, M.; Frank, Eibe.; Holmes, G.; Pfahringer, B.; Reutmann, P.; Witten, I. H. The WEKA Data Mining Software: An Update. **SIGKDD Explorations**, v. 11, n. 1, p. 10-18, 2009.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Uso da Terra**. Rio de Janeiro: IBGE, 3ª Ed. 2013.

Larose, D. T. **Discovering Knowledge in Data: An Introduction to Data Mining**. John Wiley and Sons, Inc, 2014.

Marengo, J.; Tomasella, J.; Nobre, C. (2010) Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos. Capítulo 12, (pp-200-215). Em Bicudo, C.E.M.; Tundisi, J.G.; Scheuenstuhl, M.C.B. **Águas do Brasil: análises estratégicas**. São Paulo: Instituto de Botânica. 222p.

Markus, M. **Avaliação das áreas de preservação permanente na microbacia do Ribeirão da Casa Branca – Brumadinho – MG**. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Goprocessamento. Instituto de Geo Ciências. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2003.

Meneses, P. R.; Sano, E. E. Classificação *pixel a pixel* de imagens. In: Meneses, P. R.; Almeida, T. (Org.) **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília: UnB, 2012. p. 191-208.

Nobre, A. D. **O Futuro Climático da Amazônia**: Relatório de Avaliação Científica. São José dos Campos: ARA, CCST-INPE e INPA, 2014.

Peluzio, T. M. O.; Santos, A. R.; Fiedler, N. C. (org) **Mapeamento de Áreas de Preservação Permanente no Arcgis 9.3**. Alegre: CAUFES, 2010. 58 p.

Pratt, W. K., **Digital Image Processing**, Wiley Interscience, 2001.

Sousa, R. C. A.; Kux, H. J. H. Comportamento Espectral e Alvos Urbanos: simulação com as bandas espectrais do satélite CBERS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. XII., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 1099-1106.

SABESP. **Interligação entre as Represas Jaguari (bacia Paraíba do Sul) e Atibainha (bacias PCJ) Esclarecimentos à Prefeitura de Igaratá**. OF SEMAI 028, 2015. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/EIARIMAJaguari/esclarecimento/Esclarecimentos_Prefeitura_Igarata_SEMAI%20028_06ago2015.pdf> Acesso em 15 de novembro de 2015.

Soares, V. P.; Moreira, A. A.; Ribeiro, C. A. A. S.; Gleriani, J. M. Mapeamento das áreas de preservação permanente e dos fragmentos florestais naturais como subsídio à averbação de reserva legal em imóveis rurais. **Cerne**. Lavras, v. 17, n. 4, p. 555-561, 2011.

Whately, M.; Cunha, P. **Diagnóstico Socioambiental Participativo do Sistema Cantareira**. São Paulo: ISA, 2007.