

## Mapeamento de áreas de preservação permanente na Área de Proteção Ambiental de Petrópolis, Rio de Janeiro

Pedro Henrique Ferreira Coura<sup>1,2</sup>  
Fernando de Souza Antunes<sup>1</sup>  
Alessa Favero Duque Estrada<sup>1</sup>  
Manoel do Couto Fernandes<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ  
Instituto de Geociências - Departamento de Geografia  
Laboratório de Cartografia - GeoCart  
Av. Athos da Silveira Ramos, 274 - 21941-916 - Cidade Universitária – RJ, Brasil  
fernando.antunes@ufrj.br; alessa.duque@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGG  
Av. Athos da Silveira Ramos, 274 - 21941-916 - Cidade Universitária – RJ, Brasil  
ped.coura@gmail.com; manoel.fernandes@ufrj.br

**Abstract.** Permanent Preservation Areas (PPA), established by Brazilian environmental law, have different and important functions for the environment and ecosystem, including: preservation of water resources, landscape, geological stability, biodiversity, and healthy flows of flora and fauna, the protection of the forest floor and the guarantee of welfare for the human population. The cartographic delimitation of these areas provides for better environmental decision-making, helping to resolve existing conflicts by detecting priority areas for the implementation of projects designed to rehabilitate degraded areas. As such, the aim of this paper is to generate a Permanent Preservation Areas map within the Petropolis Environmental Protection Area. Through this map, users will be able to analyze the current state of Permanent Preservation Areas and the relationship they have with the conflicting uses of those spaces. Boundaries for the Permanent Preservation Areas are delimited using Geographic Information Systems (GIS) as a tool to operationalize and use Digital Elevation Models (DEMs) to refine the methodology for delimiting boundaries for these areas. The areas with long water courses, springs, hillsides with slopes greater than 45 degrees, and lakes and reservoirs are some examples of preservation areas that have already been mapped according to Brazilian environmental legislation. The current land use map is not complete, but through it, it is possible to observe a high level of spatial occupation as shown in the overlapping of areas already mapped and in the orthophotos of the Brazilian Geographic and Statistical Institute.

**Palavras-chave:** DEM, geoprocessing, environmental legislation, MDE, geoprocessamento, legislação ambiental.

### 1. Introdução

As áreas de Preservação Permanentes (APPs), de acordo com a Lei Federal nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e a resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002 são: “áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, com função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas”. Devido às funções ambientais destacadas em epígrafe, torna-se fundamental a conservação dessas áreas de APP, que muitas vezes são também remanescentes de Mata Atlântica (Reis, 2008). A delimitação e proteção das APPs é de fundamental importância para o entendimento geocológico da paisagem, pois influencia no comportamento do geocossistema e pode servir como áreas prioritárias para a proposição de projetos de recuperação ambiental.

Inicialmente, o mapeamento dessas áreas era realizado através de procedimentos convencionais, com a obtenção manual das APPs a partir de cartas topográficas. Segundo Garbrechet e Martz (2000) esses métodos são tediosos e de grande mão-de-obra, representando sempre um desafio, mesmo para profissionais experientes. Além disso, a delimitação das APPs através de métodos analógicos, incluindo interpretação visual, é subjetiva, está condicionada à experiência do analista e é sempre passível de contestação

(Hott et al., 2005). Serigatto (2006) afirma que a dificuldade de se fazer a delimitação das áreas de preservação permanente é tamanha, que atualmente ainda não se produziu, para qualquer unidade federativa, um mapeamento sistemático dessas áreas.

Existem também bibliografias relacionadas ao tema, abordando metodologias de extração automática dessas áreas, como apresentado por Nascimento et al. (2005) e Reis (2008). Ribeiro et al. (2005) afirma que, a delimitação automática das APPs elimina a subjetividade do processo, auxilia na definição geográfica das reservas legais, apresenta níveis de exatidão comparáveis aos obtidos por métodos manuais e promove a melhoria na forma e função das APPs.

Porém, nenhum dos modelos de delimitação automático dessas áreas leva em consideração a superfície tridimensional (3D) da paisagem para delimitar todos o tipos de APPs, sendo que Fernandes e Menezes (2005) demonstram que elementos e análises realizados em superfície planimétrica (2D, projetada) podem mascarar alguns resultados obtidos, principalmente em áreas de relevo acidentado (como é o caso da área de estudo, APA Petrópolis), onde elementos planares e lineares apresentam valores maiores se interpretados em superfície real do que em superfície.

Tendo em vista essa realidade, procurou-se realizar o mapeamento das áreas de preservação permanentes dentro da Área de Proteção Ambiental (APA) de Petrópolis, em superfície planimétrica (SP) e em superfície real (SR), buscando analisar o estado atual das APPs, o relacionamento dos diferentes elementos presentes nessa paisagem, levando em consideração os principais usos conflitantes e utilizando como ferramenta o Geoprocessamento para a operacionalização de delimitação das APPs e o uso de Modelos Digitais de Elevação (MDEs) para refinar a metodologia de delimitação de APPs, levando em consideração sua área com observações em superfície real.

## 2. Metodologia de Trabalho

O trabalho foi dividido em cinco grandes etapas que estão representadas no fluxograma abaixo. As áreas de preservação permanente que serão tratadas neste trabalho são: cursos d'água; nascentes; lagos, lagoas e reservatórios; altitude superior a 1.800 metros; declividade acima de 45°; topo de morro; e linha de cumeada. É válido mencionar que existem algumas APPs como dunas, mangues, restingas, entre outras que não ocorrem na área de estudo.

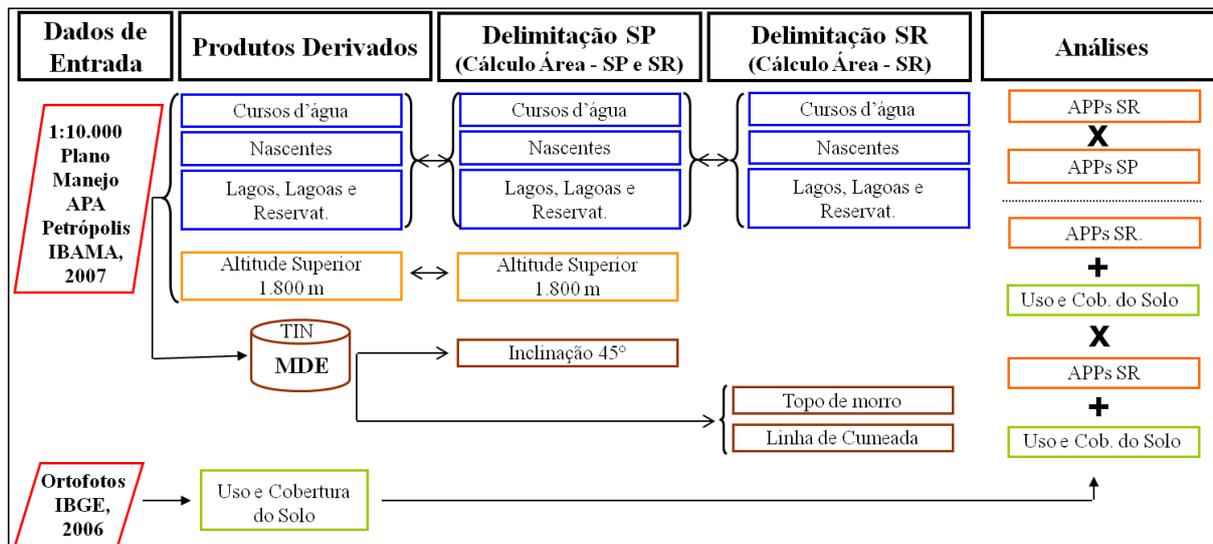
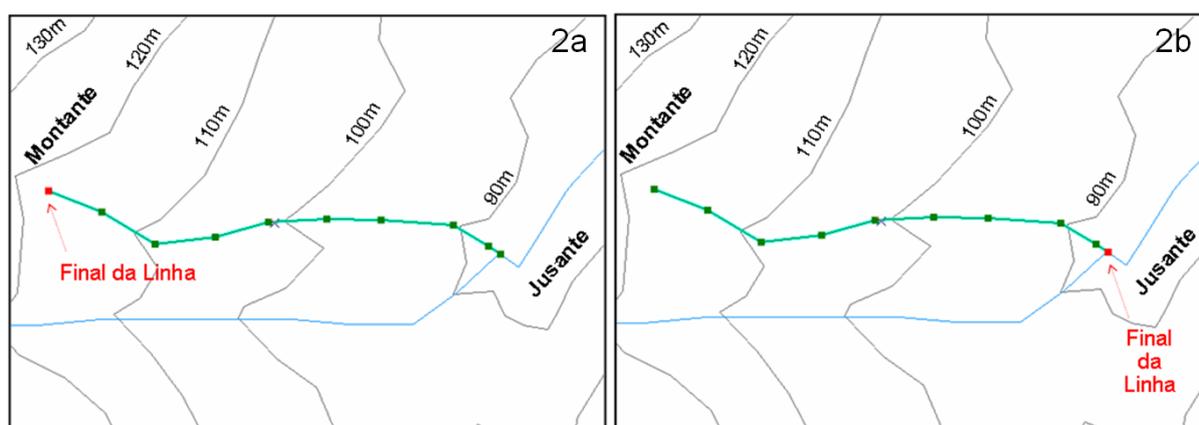


Figura 1: Fluxograma de operacionalização do trabalho, demonstrando cada etapa a ser realizada.

A primeira etapa consiste no processo de edição da base cartográfica do plano de manejo da APA Petrópolis (IBAMA, 2007) e a aquisição das ortofotos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006). A base cartográfica do Plano de Manejo da APA Petrópolis na escala de 1:10.000 é proveniente de cartas da Prefeitura Municipal de Petrópolis/Prospec (1999), bases cartográficas cedidas pelo CIDE-RJ (1998) e bases cartográficas da FUNDREM (1978). É válido ressaltar que toda a base se encontra em Projeção Universal Transversa de Mercator no Fuso 23 Sul e Datum Horizontal SAD69. A base cartográfica adquirida apresentava algumas inconsistências como curvas de nível cruzadas, linhas de hidrografia incompletas e a orientação do segmento de linha de hidrografia contrário ao fluxo natural do rio (Figuras 2a e 2b). Todas estas incompatibilidades foram ajustadas no intuito de elaborar um do Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC).



Figuras 2a e 2b: Adequação da orientação do segmento de hidrografia de acordo com o fluxo natural do rio, de montante a jusante.

Na segunda etapa foram extraídas da base informações relativas: aos cursos d'água; lagos, lagoas e reservatórios; e as áreas acima de 1.800 metros. Além disso, foi elaborado o Modelo Digital de Elevação (MDE) da área de estudo. O mapa de uso e cobertura do solo previsto para ser realizado nessa etapa do trabalho se encontra em construção. Em relação às áreas de nascentes, considerou-se todo início de canal de primeira ordem como uma área de nascente. Essa escolha se deu em função da falta de dados ou qualquer tipo de levantamento relativo a localização dessas áreas.

Com as informações separadas, iniciou-se a terceira etapa do trabalho, relacionada a delimitação das APPs em superfície planimétrica (SP). Inicialmente, estabeleceram-se áreas de influência (*buffer's*) para os cursos d'água, áreas de nascentes, lagos, lagoas e reservatórios, sempre respeitando os parâmetros estabelecidos por lei. Além disso, utilizou-se a curva de nível de 1.800 metros como limite da APP superior a 1.800 metros.

No intuito de respeitar a legislação ambiental, é importante destacar algumas peculiaridades das APPs de cursos d'água. Isso porque de acordo com a resolução CONAMA nº 303/02, estas APPs possuem área de influência de preservação diferenciada de acordo com a largura da hidrografia. Desta forma, para rios com largura até 10 metros, a área de preservação estabelecida será de 30 metros de área de influência para cada margem. Já para cursos d'água com largura entre 10 a 50 metros, a área de influência será de 50 metros. Segundo o Manual Técnico de Convenções Cartográficas do Ministério da Defesa (1998) e sendo a escala de trabalho 1:10.000, a representação dos rios com largura inferior a 8 metros é uma linha simples como apresentado anteriormente nas figuras 2a e 2b, já os rios com largura superior a 8 metros, a representação é feita por duas linhas. Em função disso, foram realizadas

medições em toda extensão da hidrografia de “margem dupla” para separar os respectivos trechos que se aplicam os parâmetros da legislação (Figura 3). Como não existem na área de estudo cursos d’água que estejam em outra faixa de largura, apenas os mencionados foram separados.

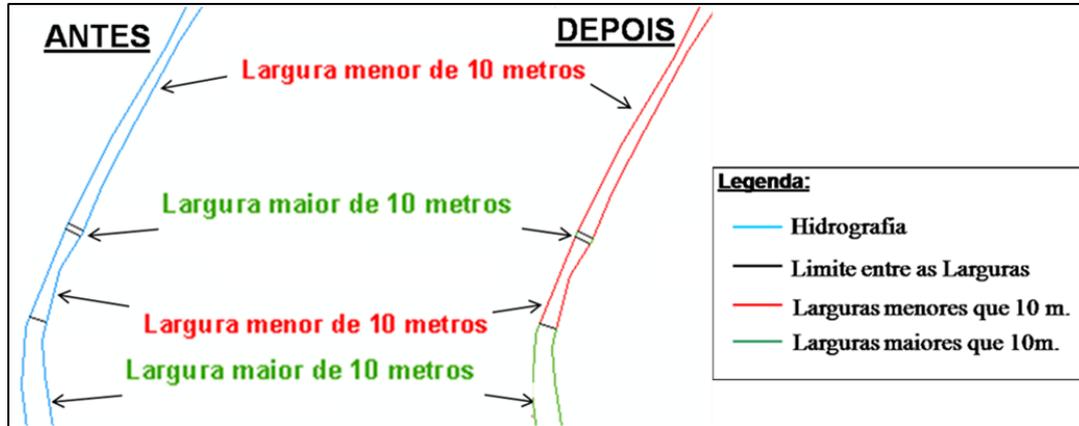
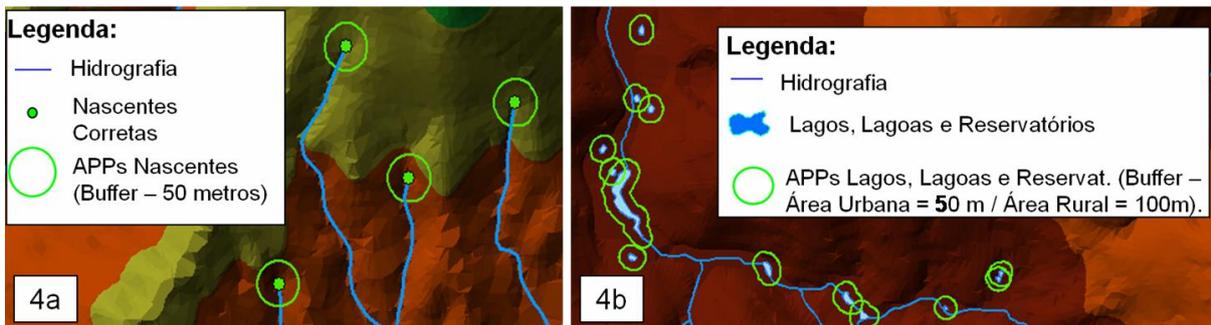


Figura 3: Medições realizadas para separação dos trechos de hidrografia.

Nos pontos gerados em todos os canais de primeira ordem, representando as áreas de nascentes, foram estabelecidas áreas de influência de 50 metros (Figura 4a). Para os lagos, lagoas e reservatórios, em área rural foi estabelecida área de influência de 100 metros, já para área urbana 50 metros (Figura 4b).



Figuras 4a e 4b: Demonstração do mapeamento em superfície planimétrica das APPs de nascentes (4a) e das APPs de lagos, lagoas e reservatórios (4b).

O Modelo Digital Elevação elaborado foi o de Redes Irregulares Triangulares (TIN) com o interpolador de Delaunay com Restrições. Após geração do MDE, foi gerado um mapa de forma das encostas, o que possibilitou extrair as áreas de APP com declividade acima de 45° (Figura 6). Desta forma todas as APPs em superfície planimétrica foram mapeadas.

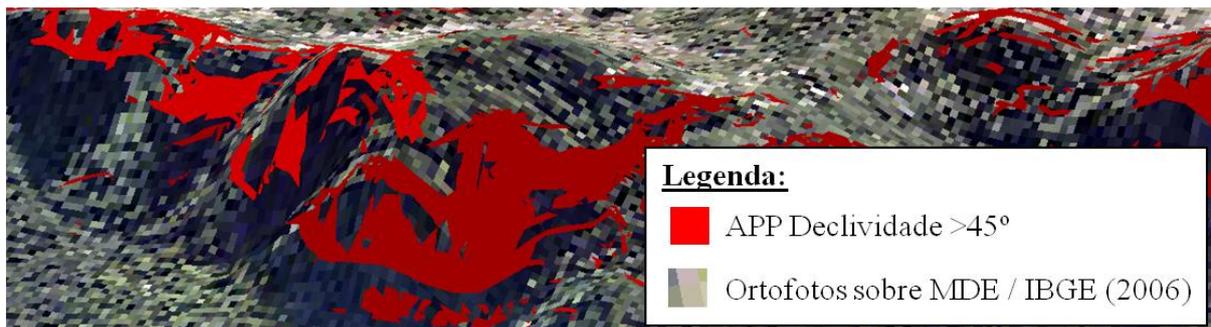


Figura 6: Demonstração do mapeamento da APP de encostas com declividade superior a 45°.

Na quarta etapa do trabalho estão sendo delimitadas em superfície real, com o auxílio do MDE, as áreas de preservação permanente de topos de morro e linhas de cumeada. Para mapear as APPs de nascentes, cursos d'água e lagos, lagoas e reservatórios em superfície real, está se utilizando da linguagem de programação VBA (*Visual Basic for Applications*) para desenvolver um algoritmo que faça a delimitação das APPs (*buffer's*), levando em consideração a morfologia do terreno, ou seja, as informações do MDE. Todos os procedimentos descritos e explicados anteriormente foram realizados no software ArcGIS 9.3® da Environmental System Research Institute - ESRI.

A última etapa do trabalho é relativa as diferentes análises que se pretende fazer. Primeiro comparando os mapeamentos em SP e SR e posteriormente correlacionar esses dois mapeamentos com o uso e cobertura do solo, analisando o grau de preservação das APPs nos dois mapeamentos, observando possíveis padrões de degradação e também as diferentes leituras que essas duas formas de mapeamento podem gerar.

### 3. Resultado e Discussão

A primeira análise que se pode fazer, diz respeito a área total da APA Petrópolis em SP e SR. Em SP a APA apresenta 596,04 km<sup>2</sup>, já em SR 694,29 km<sup>2</sup>, uma diferença relativa de 16,48 %. Buscando observar a diferença do total de APPs em SP e em SR, calculou-se em SP 79,32 km<sup>2</sup> e em SR 88,96 km<sup>2</sup>, o que apresenta uma diferença relativa de 12,15%. É importante destacar que no somatório do total APPs não está incluído o valor de área referente as APPs de encostas com declividade superior a 45°, pois ainda não foi possível calculá-lo em função da grande demanda de processamento que esta área requer.

A figura abaixo permite observar como se comporta cada cálculo de área de APP em SP e SR, além de possibilitar observar quais são os tipos de APPs mais frequentes na área de estudo.

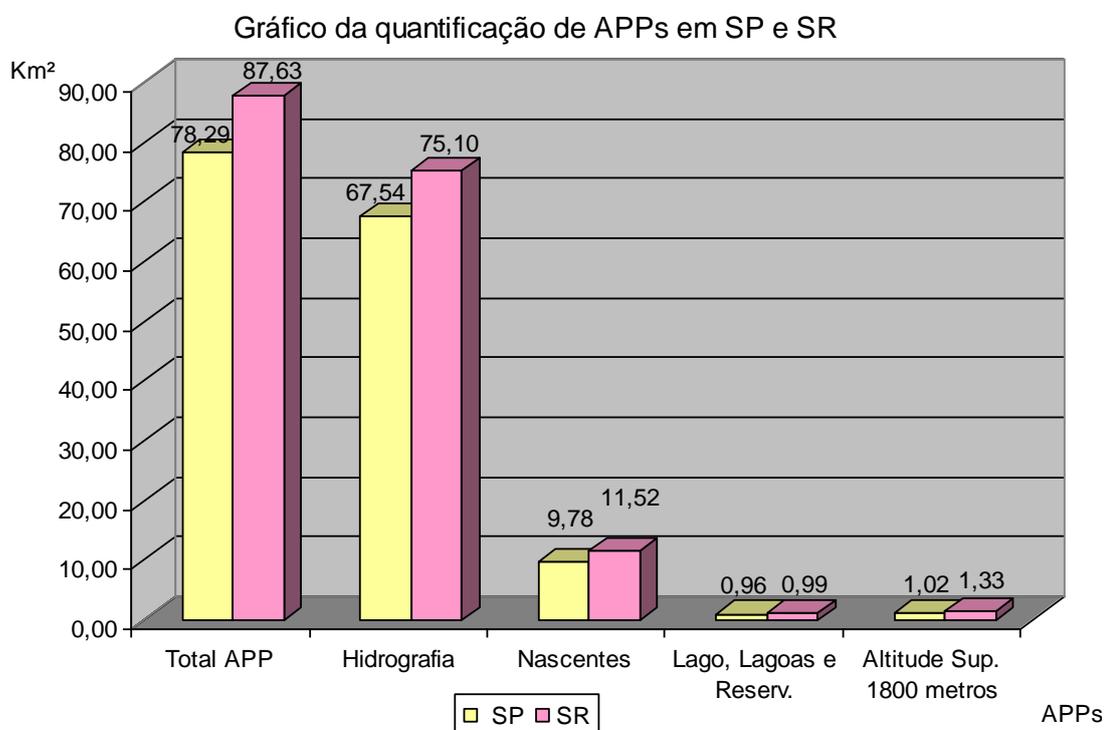


Figura 7: Gráfico da quantificação de APPs em superfície planimétrica e superfície real.

Através do gráfico percebe-se claramente que a riqueza hídrica da APA Petrópolis corrobora muito para que as áreas de APPs de cursos d'água correspondam a grande maioria

do total. Acredita-se que devido a rugosidade da APA Petrópolis, caso fosse calculado as áreas correspondentes as APPs de encostas com declividade superior a 45°, estas aumentariam significativamente o total de APPs na APA e também corresponderiam a uma significativa parcela do total de APPs.

Embora tenham sido realizados apenas os mapeamentos das APPs em superfície planimétrica, através das observações feitas até o momento, percebe-se uma significativa diferença na quantificação de área em superfície planimétrica e real, sendo que os cálculos em superfície real são em todas as situações superiores aos de superfície planimétrica. A figura 8 representa visualmente essa diferença. Nesta figura, a mesma delimitação em superfície planimétrica de uma nascente da APA Petrópolis é projetada de forma bidimensional e tridimensional.

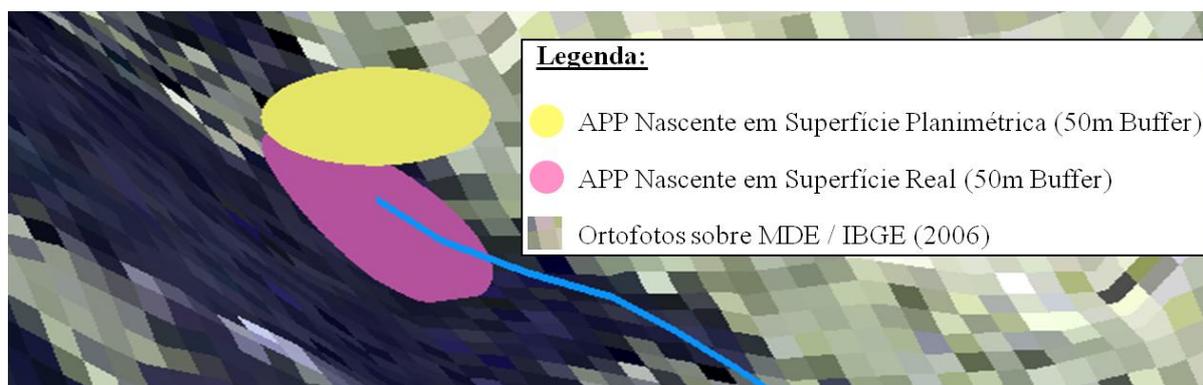


Figura 8: Demonstração de uma APP de nascente delimitada em superfície planimétrica e calculada em SP e SR.

Em algumas observações preliminares, utilizando as informações das APPs já mapeadas juntamente com as ortofotos (Figura 9), percebe-se um alto grau de ocupação nas áreas de APPs, principalmente em áreas com alta concentração populacional, como o vale do Piabanha. Essa análise preliminar visual demonstra que o estado de preservação de algumas APPs é muito baixo, o que pode comprometer suas funções ambientais.

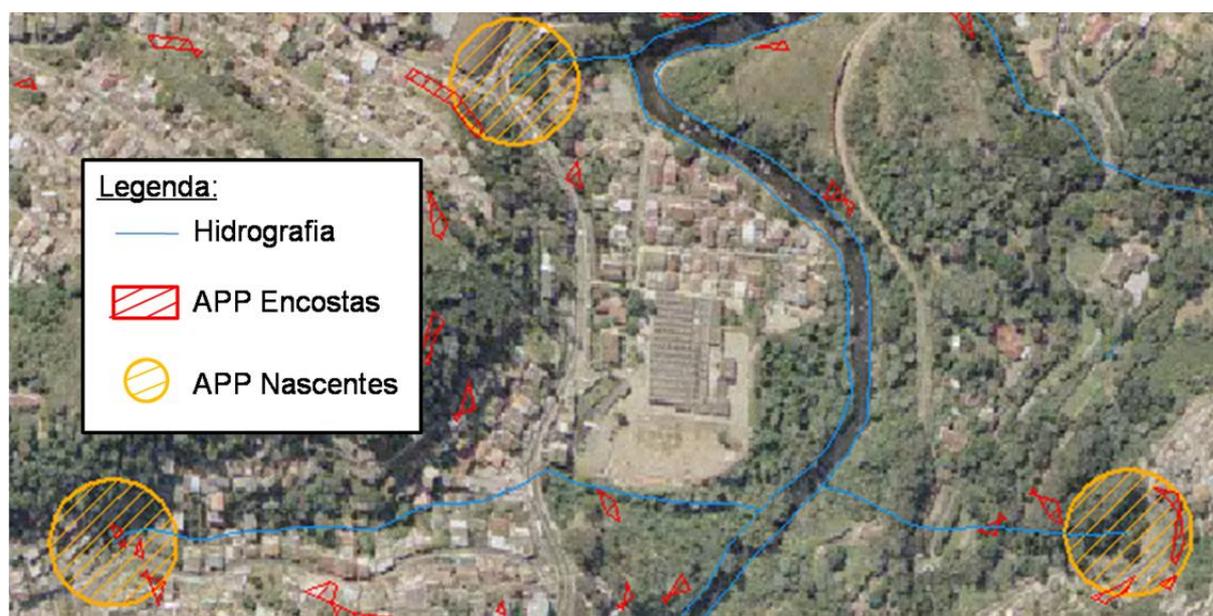


Figura 9: Demonstração do estado de conservação de algumas APPs de nascentes e encostas tendo como base as ortofotos do IBGE (2006).

#### 4. Conclusões

Conseguiu-se com êxito realizar o mapeamento das APPs em superfície planimétrica de maneira automática, porém, é necessário continuar e finalizar o mapa de uso e cobertura do solo, além do desenvolvimento da capacidade de mapear todas as APPs levando em consideração a superfície real. Isso potencializará as análises, pois irá permitir observar o estado de preservação das APPs, a existência ou não de padrões de ocupação nessas áreas e as diferentes leituras de delimitação relacionadas aos mapeamentos em superfície planimétrica e superfície real.

A quantificação das áreas calculadas em SP e SR a partir do mapeamento em superfície planimétrica, foi variável. Em todas as situações, a área calculada em superfície real foi superior da calculada em superfície planimétrica.

Espera-se que os dados e resultados gerados por essa pesquisa sejam um importante instrumento no contexto atual de demandas por estratégias de conservação e recuperação de ecossistemas, à medida que, o mapeamento auxilia os profissionais responsáveis pela fiscalização dessas áreas e também o órgão competente a gerir e intermediar os diferentes conflitos existentes na área de estudo relacionados às APPs.

#### Agradecimentos

Agradecemos à FAPERJ, ao CNPq e a CAPES pelo auxílio ao projeto.

#### Referências Bibliográficas

Brasil. **Lei Federal nº. 4.771, de 15 de setembro de 1965**. Brasília, 1965. Disponível em: <<http://www.lei.adv.br/4771-65.htm>>. Acesso em 10 set. 2010.

Brasil. **Manual Técnico de Convenções Cartográficas (1ª parte) – T 34 - 700**. Brasília: Ministério da Defesa - Exército Brasileiro, 1998.

Brasil. **Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002**. Brasília, 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>>. Acesso em 12 set. 2010.

Fernandes, M. C.; Menezes, P.M.L. Avaliação de métodos de geração de MDE para a obtenção de observações em superfície real: um estudo de caso no maciço da Tijuca – RJ. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 2, n. 57, p. 154 – 161, 2005.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE. **Modelo Digital de Elevação Projeto Rio de Janeiro 1:25.000**. Disponível em: <[ftp://geofp.ibge.gov.br/MDE/Projeto\\_RJ25/TIF/](ftp://geofp.ibge.gov.br/MDE/Projeto_RJ25/TIF/)>. Acesso em: 25.set. 2010.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE. **Ortofotos Projeto Rio de Janeiro 1:25.000**. 2006. Disponível em: <[ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas/ortofoto/Projeto\\_RJ25/TIF/](ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas/ortofoto/Projeto_RJ25/TIF/)>. Acesso em: 27.set. 2010.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, IBAMA. **Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental da Região Serrana de Petrópolis**. Petrópolis, 2007. 489 p.

Nascimento, M. C.; Soares, P. V.; Ribeiro, C. A. A. S.; Silva, E. Uso do geoprocessamento na identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do Rio Alegre, Espírito Santo. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 2, p. 207-220, 2005.

Garbrecht, J.; Martz, L. W. Digital elevation model issues in water resources modeling. In: Maidment, D.; Djokic, D. (Org.). **Hydrologic and hydraulic modeling support with geographic information systems**. Redlands:ESRI, 2000. Cap. 1, p.1-28.

Hott, M.C.; Guimarães, M. & Miranda, E. E. Um método para a determinação automática de áreas de preservação permanente em topos de morros para o Estado de São Paulo. In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. Artigos, p. 3061-3068.

Reis, R. B. Mapeamento das áreas de preservação permanentes (APP) como subsídio à elaboração de estratégias de conservação e recuperação – Estudo de caso na APA do rio São João/Mico-Leão-Dourado. 2008. 116 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2008.

Ribeiro, C. A. A. S; Soares, P.V; Oliveira, A. M. S; & Gleriani, J. M. O Desafio da Delimitação de Áreas de Preservação permanente. In: **Revista Árvore, Sociedade de Investigações Florestais**. Viçosa, v. 29, n. 2, p.203-212, 2005.

Serigatto, E. M. Delimitação automática das áreas de preservação permanentes e identificação dos conflitos de uso da terra na bacia hidrográfica do Rio Sepotuba - MT. 2006. 203 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa. 2008.