

Áreas de preservação permanente (APP) - estudo de caso sobre o parâmetro declividade e as divergências nos resultados de mapeamento em função das bases cartográficas e escalas e/ou softwares utilizados

Maisa de Almeida Cota
Ana Clara Mourão Moura

Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Geociências – Departamento de Geografia
Avenida Antônio Carlos, 6627 Pampulha – BH – MG Cep: 31270 – 901
maisacota@yahoo.com.br, anaclara@ufmg.br

Abstract. The current study discusses permanent preservation areas – APPs and CONAMA resolutions nº 302/2002, 303/2002 and 369/2006. The doubts and the conflicts that came up when applying the two first CONAMA resolutions nº 302/2002 and 303/2002 concerned about the legal protection of the APPs; they had new orientation with the resolution nº 369/2006. The data used comes from IBGE topography and hydrography associated with the usage classes and the soil coverage obtained from Landsat images. In addition to that, topography data taken from the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) were utilized with the usage classes and the soil coverage obtained from the visual interpretation of the Ikonos image. It must be highlighted that the studies presented here are limited to what can be obtained through direct work on the cartographic basis (streams or watercourses, springs, slopes, hill tops and mountains). Due to the results obtained and the differences found, IBGE data (1:100.000) and SRTM (90 meter resolution) are not considered feasible to delimit the APPs. A case study visually confirmed that the declivities calculus in the same area, with different scale data base, shows divergent results.

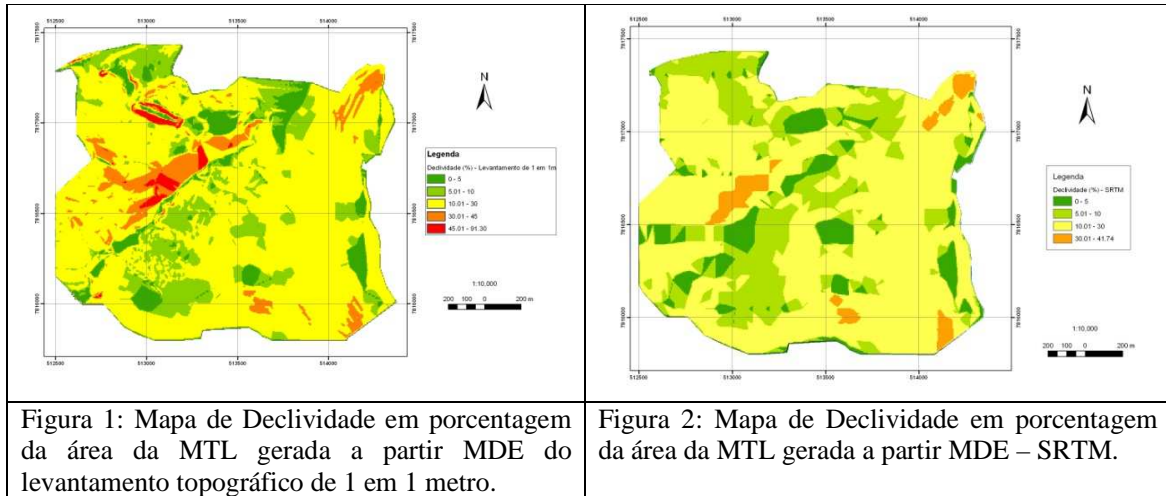
Palavras-Chave: APPs – Áreas de Proteção Permanente, Resoluções CONAMA 302/2002, 303/2002 e 369/2006, Delimitação, Geotecnologia.

1. Introdução

O objetivo do estudo é demonstrar as limitações e ambigüidades existentes para a identificação das ocorrências espaciais de APPs segundo suas definições a partir das resoluções CONAMA. As análises ambientais, hoje, são apoiadas por aplicativos de geoprocessamento através dos quais os usuários constroem seus mapas, mas sem o cuidado da validação dos resultados obtidos são suficientes para a tomada de decisões. A partir do emprego das técnicas de mapeamento, verificamos que os mapas de variáveis tais como declividade, topos de morro e faixas de domínio de cursos d'água, entre outras, podem ser utilizados como referência inicial para um trabalho de diagnóstico ambiental. Contudo, por falhas de interpretação das definições e parâmetros das resoluções CONAMA, há o risco de diferentes pesquisadores chegarem a resultados divergentes na identificação das áreas de restrição ambiental em função da base cartográfica selecionada e softwares utilizados. Como exemplo, as resoluções CONAMA Nº 302/2002, 303/2002 e 369/2006 não indicam áreas mínimas, em metros quadrados, para a delimitação das APPs. Desta forma, resulta na dúvida sobre a possibilidade de emprego de interpoladores, assim como o que é significativo, espacialmente, como área de restrição ao uso e à ocupação quanto a este parâmetro. Além disso, quando se altera a escala da base de dados, ainda que se utilize o mesmo *software*, os resultados também se divergem. É importante destacar que as resoluções CONAMA não definem a escala mínima ou máxima para as análises e delimitação das APPs.

2. Metodologia de Trabalho

Os dados utilizados neste estudo de caso são: (1) a base topográfica da área da Mineração Turmalina Ltda. (MTL) com curvas de nível de 1 em 1 metro (Figura 1) e (2) a topografia a partir do SRTM com resolução planimétrica de 90 metros (Figura 2). Os mapas de declividade demonstram claramente a diferença do detalhamento e da abrangência espacial entre as classes de declividade definidas para ambos. O grau de detalhe é visualmente nítido no mapa de declividade gerado a partir do levantamento topográfico de detalhe. Partindo do pressuposto de que ambos os mapas são corretos, embora as bases de dados sejam de diferentes escalas, o questionamento é: há uma escala ou resolução espacial mínima mais adequada para os objetivos a que se propõem as leis ambientais como as resoluções CONAMA?



A título de observar com maior detalhe a diferença encontrada entre os mapas de declividades, utilizou-se um ábaco (método manual), o *software Microstation*, o *software Arcview* e o *software SPRING*. A base topográfica utilizada, nesta análise, é do SRTM com resolução de 90 metros. A área se encontra entre as coordenadas 513000/7823000 e 515000/7824900. A escala do trabalho para o método manual (ábaco) é de 1:10.000 e a projeção cartográfica é SAD69-UTM.

Posteriormente, são realizados os métodos para determinação segundo os algoritmos dos *softwares* escolhidos. As classes de declividade já usadas nos métodos seguiram o mesmo padrão na área, sendo elas: (a) 0 a 5%; (b) 5% a 10%; (c) 10% a 30%; (d) 30% a 45% e (e) maior que 45%. No primeiro método, é utilizado um ábaco (Figura 3) para gerar o mapa de declividade a partir do mapa topográfico (SRTM). Os cálculos realizados para utilização do ábaco são:

$$\begin{aligned}
 5\% &\rightarrow 5/100 = \Delta y/\Delta x \rightarrow 5/100 = 10/\Delta x \rightarrow \Delta x = 200 \text{ m} \\
 10\% &\rightarrow 10/100 = \Delta y/\Delta x \rightarrow 10/100 = 10/\Delta x \rightarrow \Delta x = 100 \text{ m} \\
 30\% &\rightarrow 30/100 = \Delta y/\Delta x \rightarrow 30/100 = 10/\Delta x \rightarrow \Delta x = 33,3 \text{ m} \\
 45\% &\rightarrow 45/100 = \Delta y/\Delta x \rightarrow 45/100 = 10/\Delta x \rightarrow \Delta x = 22,2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

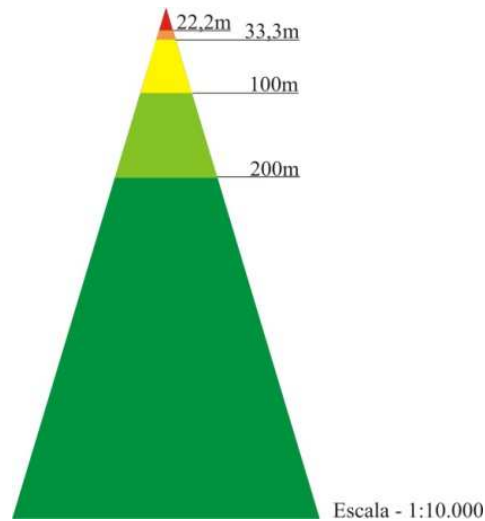


Figura 3: Ábaco usado na geração do mapa de declividade

A partir da mesma base cartográfica, com a mesma equidistância de curvas de nível e escala, foram gerados mapas de declividades manualmente (ábaco), no software *Microstation Geoterrain*, no *ArcView* (extensão *3D Analyst*) e no *Spring*. Os resultados do mapa de declividade realizado pelo ábaco (Figura 4) e pelos procedimentos do *software Microstation*, que é baseado em malha regular, (Figura 5) apresentaram semelhança. Embora os métodos utilizados no *software Arcview* e no *software Spring* também se baseiem em malha regular (*grid*), eles apresentaram semelhança entre eles (Figuras 6 e 7), mas diferenças se comparados aos resultados do ábaco e do *Microstation*.

A Resolução CONAMA N° 303/2002 não tem indicativo de fatores ou especificações para o estudo do parâmetro declividade. Por meio dos métodos utilizados (algoritmos) pelos *softwares*, os mapas de declividades foram gerados a partir do MDE – SRTM que se trata de uma malha regular com resolução de 90 metros. Posteriormente, foi aplicado o algoritmo de separação das classes previamente mencionadas. A diferença entre os mapas de declividade obtidos é considerável visualmente. Partindo do princípio de que todos os softwares produzem resultados corretos, segundo os algoritmos empregados, questiona-se: qual *software* tem o procedimento mais adequado (algoritmo) para determinação de declividade em função das necessidades das resoluções CONAMA?

3. Resultados e Discussão

Os resultados apresentados são partes dos estudos da dissertação de mestrado de Cota, M. A. (2008). Os resultados obtidos e análises se referem à delimitação das APPs a partir de diferentes bases de dados. São apresentadas as diferenças de resultados de mapeamento de APPs em função de bases cartográficas diferentes. É também realizada a comparação de ocorrência espacial de APPs e as tipologias de uso e cobertura do solo com o objetivo de identificar as áreas em não-conformidade segundo os parâmetros das resoluções CONAMA.

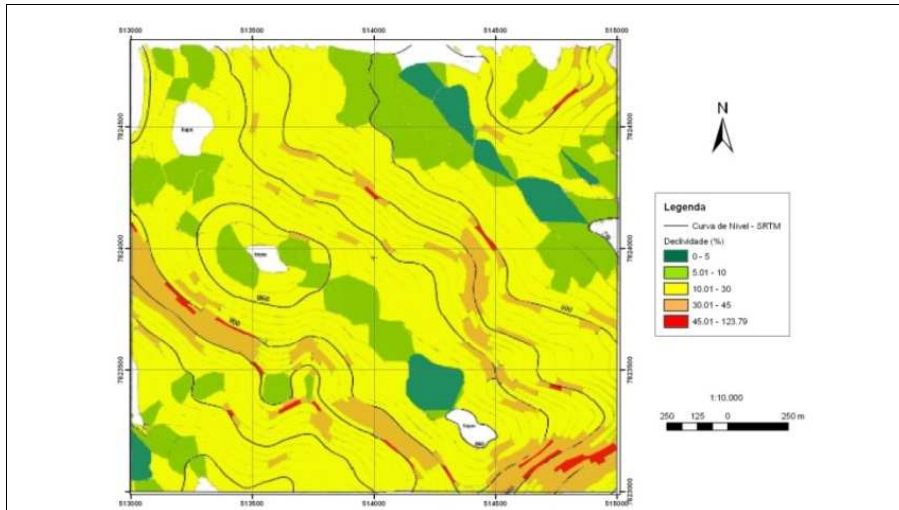


Figura 4: Mapa de Declividade em porcentagem gerada a partir dos contornos do MDE – SRTM utilizou o método manual - ábaco.

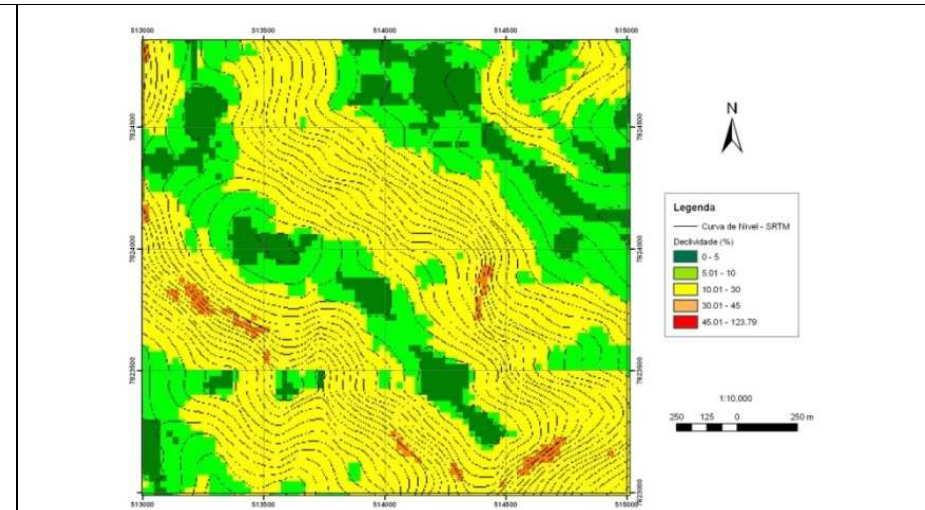


Figura 5: Mapa de Declividade em porcentagem gerada a partir dos contornos do MDE – SRTM utilizou o software *MicroStation*.

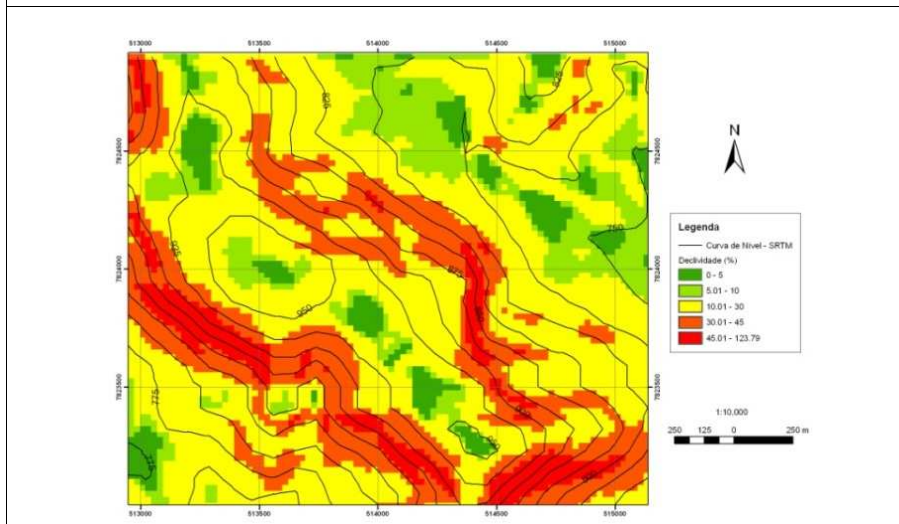


Figura 6: Mapa de Declividade em porcentagem gerada a partir dos contornos do MDE – SRTM utilizou o software *ArcView*.

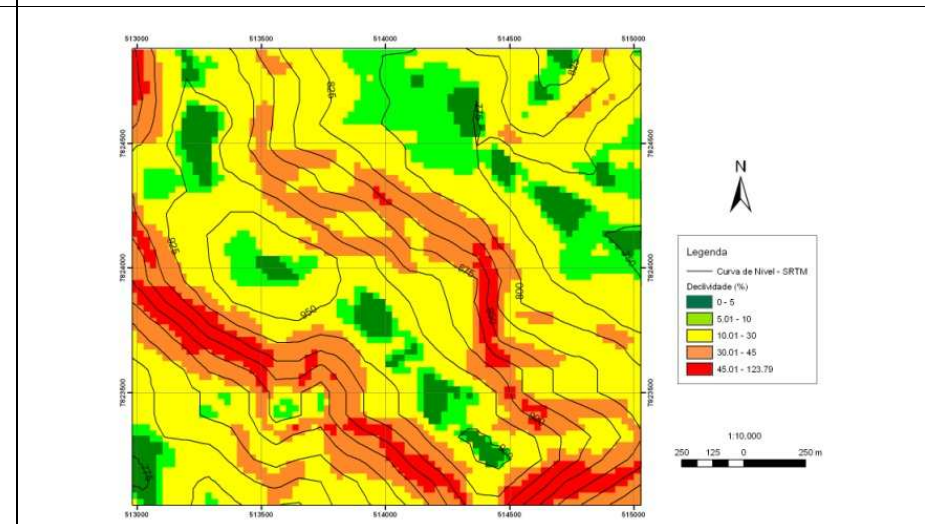


Figura 7: Mapa de Declividade em porcentagem gerada a partir dos contornos do MDE – SRTM utilizou o software *SPRING (INPE)*.

3.1. Análises dos Resultados da Delimitação das APPs a partir de Diferentes Bases de Dados

Os procedimentos adotados na extensão do *Arc Hydro* (ArcView) utilizaram os dados topográficos e da hidrografia do IBGE, bem como do SRTM conjugado com a interpretação da imagem *Ikonos* (SRTM-imagem *Ikonos*) para definição da hidrografia com maior detalhe.

A definição do limiar a partir do qual são identificadas as canaletas de drenagem no modelo *raster*, ou seja, a acumulação de fluxo foi definida a partir das informações existentes sobre a hidrografia da área, tanto a partir de mapas do IBGE como da interpretação da imagem *Ikonos*. Assim, as células com valor de fluxo acumulado maior ou igual a 5000 compõem a rede de fluxos (hidrografia). Isto só é possível a partir de uma hidrografia conhecida da área de estudo.

Os mapas de declividade confeccionados a partir das bases topográficas IBGE e SRTM apresentam diferenças significativas entre as classes de declividade. É importante salientar que as áreas de declividade maior que 30% são referência para a delimitação das APPs de topo de morro e montanha (Artigo 3º da Resolução CONAMA N º 302/2002). Como exemplo da diferença dos resultados obtidos, as áreas acima de 30% de declividade a partir dos dados topográficos do IBGE somaram 576,52 ha. Por outro lado, o mesmo mapeamento realizado a partir dos dados do SRTM resultou em 733,77 ha. Devido à diferença de resolução dos dados IBGE e SRTM, a classe de declividade maior que 30% diverge em uma área de 157,25 ha. Já para APP de encosta com declividade maior que 100% e, neste estudo, considerando uma área mínima de 400 m² de superfície, obtivemos 3,00 ha para a base de dados do IBGE e de 30,11 ha para a base de dados do SRTM. Portanto, a diferença de resultados para bases de dados persiste.

A base cartográfica do IBGE permite a identificação e o mapeamento das APPs de nascentes, cursos d'água, topo de morro e montanha, e encostas. Por sua vez, a base SRTM trabalhada juntamente com a imagem *Ikonos* permite o mapeamento e identificação das APPs de cursos d'água, topo de morro e montanha, e lagos e lagoas naturais e artificiais e encostas. As APPs de lagos e lagoas naturais e artificiais são interpretadas somente a partir da imagem *Ikonos* devido à resolução de 1 metro. Em relação às APPs de nascentes, foram considerados somente os dados do IBGE, pois se trata de dados oficiais. A tabela 1, a seguir, apresenta um resumo das áreas ocupadas pelas tipologias de APPs conforme a base de dados utilizada.

Tabela 1: Resultados das áreas de cada tipologia das APPs a partir dos dados IBGE e SRTM-imagem *Ikonos*.

Tipologias de APPs	IBGE		SRTM-imagem Ikonos	
	Quantidade	Área (ha)	Quantidade	Área (ha)
Nascentes	109	85,61	-	-
Cursos d'água (rios, córregos, drenagens)	-	1214,77	-	1477,59
Topo de morro e montanha	11	1032,02	22	1045,80
Lagos e lagoas naturais e artificiais	-	-	108	495,19
Encostas (declividade maior que 100%)	-	3,16	-	31,59
Total Preliminar	-	2335,56	-	3050,17
TOTAL FINAL (APPs unificadas)	-	2232,50	-	2693,98

A comparação entre os mapas de análise foi realizada através do procedimento *Assinatura* do software Vista SAGA/UFRJ (versão 2.006). Os resultados obtidos a partir da base do IBGE demonstram que as APPs correspondem a 22,32% (2232.50 ha) da área de estudo. Por sua vez,

os resultados obtidos a partir dos dados do SRTM conjugados com a imagem Ikonos demonstram que as APPs ocupam 26,93% (2693,98 ha) da área de estudo.

3.2. Diferenças de Resultados de Mapeamento de APPs em função de Variações de Bases Cartográficas e Escalas

A análise dos resultados tem como objetivo demonstrar a diferença encontrada para a identificação das APPs de uma mesma área, seguindo os mesmos parâmetros de delimitação. Isso serve para questionar qual deve ser a escala de mapeamento ou resolução espacial dos dados a serem utilizados para a delimitação das APPs.

As APPs definidas a partir da base de dados IBGE são confrontadas pelo processo de assinatura do *software* Vista SAGA/UFRJ com o mapa de uso e cobertura do solo obtido pela imagem *Landsat*, os resultados estão expressos no gráfico 1. Por outro lado, as APPs obtidas pela base de dados SRTM confrontadas com o mapa de uso e cobertura do solo pela imagem *Ikonos* apresentam os resultados no gráfico 2. Desta forma as diferenças encontradas para as classes são: sem informação de 0,56%; vegetação de 13,59%; água de 3,23%; pastagem/campo de 25,99%; urbano de 7,58%; solo exposto de 2,15%. Isto ocorre devido a diferença das bases utilizadas.

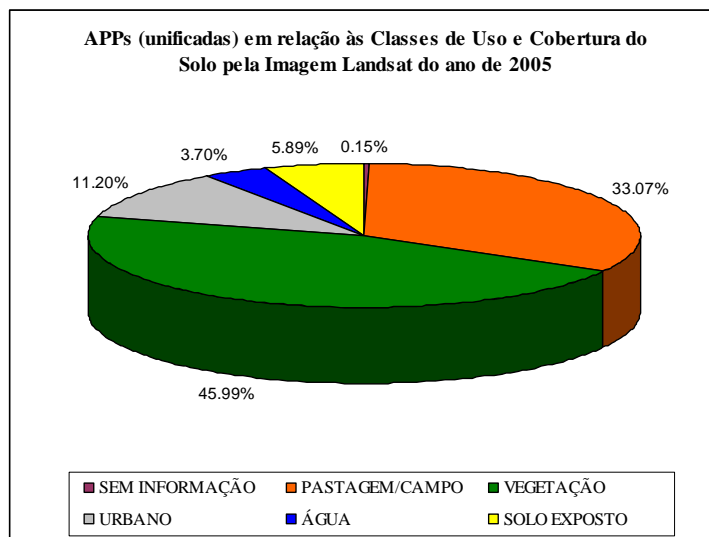


Gráfico 1: APPs em relação às classes mapeadas pela imagem *Landsat* e dados topográficos do IBGE no ano de 2005.

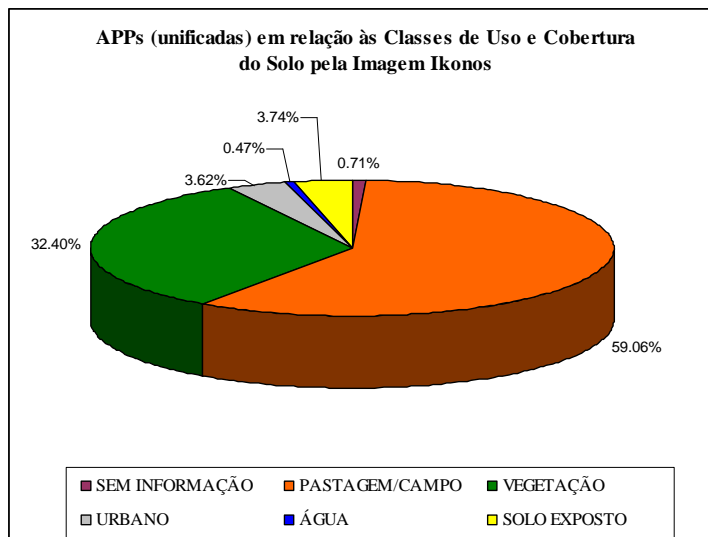


Gráfico 2: APPs em relação às classes mapeadas pela imagem *Ikonos* e dados topográficos do SRTM no ano de 2005.

É importante destacar que ambos os resultados obtidos por diferentes fontes de dados poderiam ser aceitos em um laudo cujo objetivo fosse apresentar o mapeamento das APPs perante as leis ambientais e as resoluções CONAMA, pois não há especificação qual a escala de mapeamento e/ou resolução espacial dos dados para a delimitação das APPs. Além disso, estes resultados foram obtidos somente a partir das técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto utilizando dados de topografia, hidrografia e mapas de uso e cobertura do solo. Portanto, os estudos se restringem ao que pode ser obtido por trabalhos diretos na base cartográfica (cursos d'água, nascentes, encostas, topos de morros e montanhas).

4. Conclusões

Este artigo teve como objetivo demonstrar os resultados divergentes encontrados com diferentes bases cartográficas e escalas e/ou softwares utilizados. Foram discutidos aspectos relativos à escolha a escala de mapeamento e/ou resolução espacial dos dados, em virtude de suas limitações para a delimitação das APPs e da possibilidade de se obter diferentes resultados sobre uma mesma realidade espacial. Os dados utilizados compreendem a topografia e hidrografia do IBGE conjugados com as classes de uso e cobertura do solo a partir de imagens *Landsat* (IBGE-imagem *Landsat*). Além disso, são utilizados também os dados de topografia do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) combinados com as classes de uso e cobertura do solo a partir da interpretação visual através da imagem *Ikonos* (SRTM-imagem *Ikonos*).

Deve-se destacar que os estudos aqui apresentados se restringem ao que pode ser obtido por trabalhos diretos na base cartográfica (cursos d'água, nascentes, encostas, topos de morros e montanhas). O geoprocessamento produz coleção de informações para suporte na tomada de decisões, mas não isenta o pesquisador de detalhar as suas decisões a partir das conferências de campo. Desta forma, o geoprocessamento tem o papel de apresentar uma coleção inicial de dados para que o pesquisador inicie seus trabalhos de campo e detalhe suas identificações.

Devido aos resultados obtidos e diferenças encontradas, os dados do IBGE (1:100.000) e SRTM (resolução de 90 metros) são considerados inviáveis para a delimitação das APPs. Além disso, é importante destacar que as leis ambientais e as resoluções CONAMA não especificam qual é a escala de mapeamento e/ou resolução espacial dos dados para a delimitação das APPs.

O presente trabalho comprovou que o cálculo de declividades em uma mesma área, a partir de base de dados com diferentes escalas, produz resultados muito divergentes. Porém, qualquer um dos mapas, se apresentados em um laudo, poderiam ser aceitos. Por outro lado, os *softwares* precisam adequar os algoritmos para determinados parâmetros como declividade, para que não ocorram divergências que possam comprometer o estudo das APPs.

Como complementação dos aspectos aqui abordados, a mencionada Dissertação de Mestrado abordou ainda as ambigüidades na interpretação dos parâmetros e tipologias de APP segundo as resoluções CONAMA. As dificuldades em se chegar a um consenso na delimitação de topos de morro e os desafios de determinar as faixas de domínio de cursos d'água com o apoio das geotecnologias também foram discutidos. São reflexões que precisam ser enfrentadas para que as representações virtuais, apoiados pela visão digital do ambiente, se aproximem do mundo real, que impõe desafios e complexidades para que as resoluções se transformem em ações.

Agradecimentos

A orientadora Profa. Dra. Ana Clara Mourão Moura, pelo apoio e ensinamentos. À Mineração Serras do Oeste Ltda., onde trabalho, e Mineração Turmalina Ltda. Aos amigos e colegas que me deram palavras de conforto e ajuda. Finalmente, a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização da minha dissertação. Simplesmente obrigada por tudo!

Referências Bibliográficas

Brasil. Resolução CONAMA N° 303 de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.

Brasil. Resolução CONAMA N° 302 de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno.

Brasil. Resolução CONAMA N° 369 de 20 de março de 2002. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Áreas de Preservação Permanente.

Cota, M. A. Áreas de Preservação Permanente (APPs) – As resoluções CONAMA e o papel das técnicas de Geoprocessamento na delimitação das classes de preservação. 2008. 101 p. Dissertação (Mestrado em Análise Ambiental) - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências.

ESRI, *ArcGIS 9 - Using ArcGis Desktop*, 2006. 435 p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1976. Diretoria de Geodésia e Cartografia. Folha SE-23-Z-C-IV, Pará de Minas – MG, Mapa topográfico, escala 1:100.000.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), Divisão de Geração de Imagens,. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/html/landsat.htm>>. Acesso em: 20 de maio de 2007.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), Sistemas de Processamento de Informações Georeferenciadas, <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/index.html>, Brasil (último acesso: 10 junho de 2007).

LAGEOP (Laboratório de Geoprocessamento – UFRJ). Manual operacional Vista SAGA/UFRJ – Módulo de Análise Ambiental, versão didática para Windows. Rio de Janeiro, 1999.

Microstation PC, version 4.0. *User's guide*. Huntsville, USA. Intergraph Corporation, 1991.