

Revista Brasileira de Cartografia (2016), N° 68/5: 1049-1062  
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto  
ISSN: 1808-0936

## DELIMITAÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM SUPERFÍCIE MODELADA

*Delimitation of Permanent Protection Areas on Modeled Surface*

**Gabriel Lousada<sup>1</sup>, Pedro Henrique Ferreira Coura<sup>1</sup>,  
Gustavo Mota de Sousa<sup>2</sup> & Manoel do Couto Fernandes<sup>1</sup>**

**<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ**

**Departamento de Geografia – Laboratório de Cartografia (GeoCart)**  
Av. Athos da Silveira, 274. 21491-916 - Cidade Universitária - RJ, Brasil  
{gabriel.lousada, ped.coura}@gmail.com, manael.fernandes@ufrj.br

**<sup>2</sup>Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ**

**Instituto de Agronomia – Departamento de Geociências**  
BR-465, Km 7 - CEP 23890-000 - Seropédica - RJ, Brasil  
gustavoms@ufrj.br

*Recebido em 11 de Dezembro, 2015/ Aceito em 7 de Abril, 2015*  
*Received on December 11, 2015/ Accepted on April 7, 2015*

### RESUMO

A delimitação de Áreas de Preservação Permanente (APP) passa por uma escolha entre diferentes metodologias que podem culminar em variados mapeamentos destas áreas de interesse ambiental. Dentre estas escolhas podemos destacar as delimitações utilizando a Superfície Planimétrica, considerando a área como uma superfície bidimensional, e a Superfície Modelada, levando em conta os aspectos de rugosidade do terreno. O presente trabalho buscou realizar uma comparação entre estas duas metodologias através da aplicação na delimitação das áreas de APP de nascentes e margens de rio na bacia do rio Cuiabá, localizada no município de Petrópolis, região Serrana do Estado do Rio de Janeiro. Para tanto, foi utilizada uma base cartográfica na escala de 1:10.000 como fonte de informações planialtimétricas para a geração das APP em Superfície Planimétrica, e de um Modelo Digital de Elevação (MDE) utilizado com o auxílio do *software APP 1.0* para delimitação das APP em Superfície Modelada. Os resultados apontam que os limites das áreas de APP apresentam um arranjo espacial diferenciado em cada uma das superfícies, o que certamente pode interferir nas tomadas de decisão dos gestores ambientais. Além disso, para efeitos de comparação, quando a delimitação em Superfície Modelada é plotada em um plano, foi observada uma subestimação da região de APP de até 12% se comparada à delimitação em Superfície Planimétrica.

**Palavras chaves:** Modelo Digital de Elevação, Delimitação de APP, APP 1.0, Geoprocessamento.

### ABSTRACT

The delimitation of Permanent Preservation Areas (APP) undergoes a choice between different methodologies that may culminate in different mappings of these areas of environmental interest. Among these choices, we can highlight the

delimitations using Planimetric surface, considering the area as a two-dimensional surface, and Modeled surface, taking into account aspects of the terrain roughness. This study attempts to make a comparison between these two methods by applying it to the delimitation of areas of APP in Cuiabá River basin, located in Petrópolis, mountain region in the state of Rio de Janeiro. For this, it was used a cartographic database in a scale of 1:10.000 as source of planialtimetric information for the generation of APP in Planimetric Surface, and a Digital Elevation Model used as support to the *APP 1.0 software* for the delimitation of APP in Modeled Surface. The results show that the boundaries of the APP areas presented a different spatial arrangement on the different surfaces, what could influence on the decision making from environmental managers. Beyond that, when the delimitation on Modeled Surface is plotted on a plane, an underestimation of up to 12% in APP region was observed when compared to the delimitation on Planimetric Surface.

**Keywords:** Digital Elevation Model, APP delimitation, APP 1.0, GIS.

## 1. INTRODUÇÃO

Ao discutirmos as técnicas cartográficas para a realização de diversos tipos de mapeamento, seja com a finalidade de geração de material analógico (impresso) ou em meio digital, são observadas uma série de possibilidades, cada qual com suas características específicas, vantagens e limitações. O foco deste trabalho é fazer uma avaliação entre duas possíveis metodologias para delimitação de áreas; uma utilizando a Superfície Planimétrica (SP), comum aos documentos cartográficos impressos e digitais que ignoram o relevo como um meio dotado de irregularidades; e a outra considerando a Superfície Modelada (SM), que leva em conta o

relevo, suas rugosidades e o impacto na extensão de área (FERNANDES, 2004; FERNANDES & MENEZES, 2005).

Quando utilizamos a Superfície Planimétrica para um mapeamento diretamente atrelado a uma distância pré-estabelecida, como áreas de *buffer*, aspectos de elevação e declividade são ignorados, sendo a delimitação de áreas definida através da projeção de seus limites em uma superfície bidimensional. Tal característica desta forma de representação da realidade é responsável por mascarar a influência do relevo na mensuração de distâncias que possam definir um mapeamento, principalmente quando realizados em áreas com relevo acidentado (Figura 1).

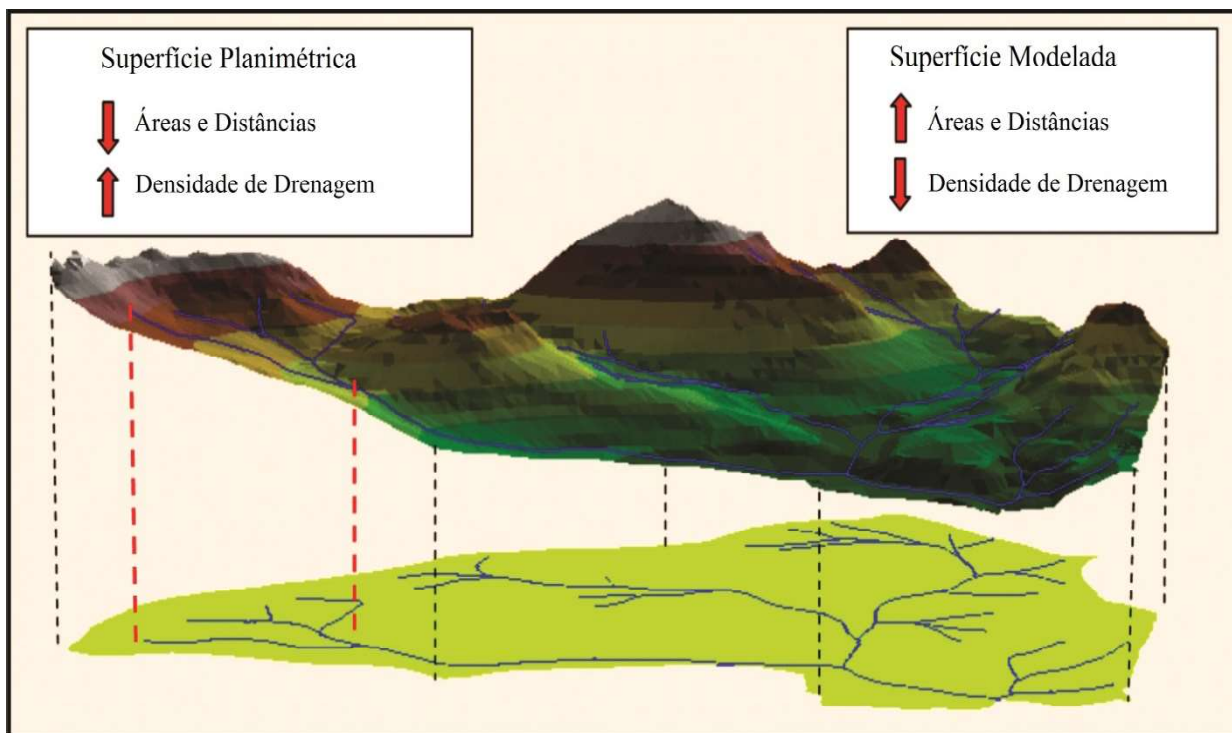


Fig. 1 - Diferenças e impactos na utilização da Superfície Planimétrica e Superfície Modelada. Fonte: Menezes e Fernandes (2013).

Considerações sobre as implicações do uso de diferentes superfícies para análises ambientais e/ou espaciais estão presentes em diversos trabalhos da bibliografia. Em Hobson (1972), o impacto da consideração do relevo é discutido em análises geológicas e geomorfológicas; Miceli *et al.* (2015) propõe uma análise temporal da cobertura e uso da terra que contemple as características do relevo na APA Petrópolis; Laeta *et al.* (2016) discute o impacto da consideração da Superfície Modelada nos índices de Reserva Legal no Maciço da Tijuca/RJ (2016); já Colares *et al.* (2016) trabalham as observações em Superfície Modelada para a construção de índices geomorfológicos, como por exemplo, a densidade de drenagem. Uma das mais importantes contribuições sobre o tema pode ser encontrada em Jenness (2004), onde é apresentada uma ferramenta que possibilita a quantificação de área e distância em Superfície Modelada.

Todos os estudos elencados concordam que uma área quando mensurada em Superfície Modelada será sempre maior que uma área calculada em Superfície Planimétrica quando o relevo local não for plano, ou seja, possuir rugosidades.

As diferenças metodológicas no uso da Superfície Planimétrica e da Superfície Modelada podem gerar resultados díspares de mensurações de área e distância. No entanto, um aspecto não discutido por tais autores e de grande importância é referente à delimitação de áreas em Superfície Modelada, isto porque, ao estabelecerem-se os limites de determinada área, tais limites apresentaram diferentes formas e alcances de acordo com a forma do relevo local, visto que o mesmo precisa sofrer um ajuste que acompanhe as rugosidades do terreno. Uma ilustração demonstrativa deste impacto das diferentes superfícies em um processo de delimitação de área pode ser observada na figura 2 onde é simulada uma delimitação em Superfície Planimétrica e em Superfície Modelada com raio de 50 metros partindo de um ponto hipotético localizado em uma superfície arredondada.

As considerações acima destacadas assumem importância quando pensadas a partir de suas implicações para o manejo e conservação de áreas de interesse natural, como as Áreas de Preservação Permanente (APP).

As APP são protegidas por lei visando uma manutenção da integridade natural devido a sua grande importância ecológica e fornecimentos de bens e serviços ambientais ao homem, sendo definidas pela Medida Provisória 2.166-67 de 2001 como:

“Art. 1º (...) área protegida nos termos do arts. 2º e 3º do Código Florestal, coberta ou não por vegetação nativa, com a 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.” (BRASIL, 2001).

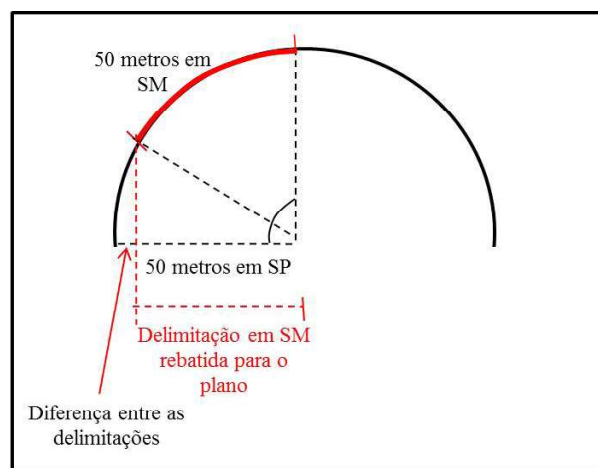


Fig. 2 - Simulação da diferença ao realizar uma delimitação em SM e SP.

Em 25 de maio de 2012 foi sancionada a Lei nº 12.651 que cria o Novo Código Florestal Brasileiro, que de acordo com o Art. 1º “(...) estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de preservação permanente e as áreas de reserva legal (...)” (BRASIL, 2012). O Novo Código Florestal reitera sua função de preservação de florestas, biodiversidade, solo, recursos hídricos e a integridade do sistema climático, para o bem estar das gerações presentes e futuras. No entanto, a maneira como a delimitação das áreas de APP é realizada não está prevista pelo Código Florestal, ficando a cargo do fiscal em campo realizar tal delimitação.

A falta de parâmetros normativos para o estabelecimento dos limites destas áreas pode gerar uma série de inconsistências nos resultados almejados pelo Código Florestal. Somasse a este quadro a inexistência de

ferramentas para a realização da delimitação de APP utilizando Superfície Modelada em gabinete, através de ferramentas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Pensando neste entrave prático para delimitação destas áreas Coura (2012) apresentou o *software APP 1.0*, desenvolvido pelo Laboratório de Geoprocessamento Aplicado da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (LGA/UFRRJ), que através da utilização de um Modelo Digital de Elevação (MDE) é capaz de realizar a delimitação de áreas tanto em Superfície Planimétrica quanto em Superfície Modelada.

Partindo deste contexto o presente trabalho objetiva realizar uma comparação entre as delimitações em gabinete de APP realizadas em Superfície Planimétrica e Superfície Modelada através do *software APP 1.0*, evidenciando seus impactos na forma e alcance dos limites das áreas sujeitas à preservação. Como tal comparação de limites é percebida nos alcances das áreas que se pretende preservar, mudando a forma de seu contorno devido à influência do relevo, uma simples exibição desta nova forma de delimitação dificultaria a percepção dos impactos do uso da Superfície Modelada para a delimitação de áreas. Foi utilizado aqui como artifício de quantificação dos impactos das diferentes delimitações (em Superfície Planimétrica e Superfície Modelada) a área que tais delimitações possuiriam se plotadas em um mapa impresso ou representadas bidimensionalmente em um arquivo digital. Para tal, foram somados os pixels pertencentes a cada delimitação e suas áreas foram calculadas de forma a realizar uma comparação entre as duas metodologias.

Apesar de os resultados apresentarem uma redução de área em Superfície Modelada quando comparada a Superfície Planimétrica, este fato se dá unicamente por ser uma comparação de regiões diferentes, com limites diferentes e que possuem suas áreas comparadas em relação à Superfície Planimétrica. Isto não significa dizer que a delimitação de uma APP irá reduzir a área a ser preservada, mas sim que, seus limites serão modificados, podendo incluir ou excluir a porção que deveria ser protegida feições de interesse da sociedade. Isto sendo dito, os resultados obtidos no presente trabalho de forma alguma contradizem o que é apresentado por outros autores na bibliografia sobre o tema, mas

sim, apresenta uma nova implicação do conceito previamente discutido.

O Novo Código Florestal prevê diversas feições ambientais passíveis de proteção através das APP, dentre elas, encostas com declividade superior a 45°, topos de morros com altura mínima de 100 metros, áreas com altitude superior a 1.800m, restingas, manguezais, entre outras. Devido à dificuldade na obtenção de dados e ao escopo do presente trabalho que pretende apenas demonstrar os impactos ao se considerar a Superfície Modelada na delimitação de áreas, optou-se por trabalhar com dois tipos de feições passíveis de serem consideradas APP. Foram elas: faixas marginais de cursos d'água e áreas no entorno de nascentes e olhos d'água perenes.

## 2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo escolhida para a realização deste trabalho foi a bacia hidrográfica do rio Cuiabá, inserida no município de Petrópolis, localizado na região serrana do estado do Rio de Janeiro (Figura 3). Esta região faz parte de um importante conjunto fisiográfico do Sudeste brasileiro, o domínio serrano da Serra do Mar. Formada por paredões escarpados, expostos e em sua maior parte arredondados. Estas feições fisiográficas são importantes divisores de águas das bacias e sub-bacias da região (GRAEFF *et al.*, 2011).

O rio Cuiabá, que é o objeto das análises para delimitação das áreas das APP, possui um comportamento alinhado com os demais rios da região e suas respectivas serras. Drenando no sentido NE-SO, sua nascente encontra-se em um dos segmentos da Serra das Araras, chamado de Serra do Taquaril, em altitude de aproximadamente 1080 metros. Durante um percurso de mais de 12 quilômetros e um desnível de aproximadamente 350 metros, o rio Cuiabá deságua no rio Santo Antônio, um dos afluentes do rio Piabanha, que é o principal rio do município de Petrópolis (ARAÚJO, 2014).

A bacia está inserida no bioma de Mata Atlântica, na ecoregião da Serra do Mar, e é formada por uma floresta ombrófila densa com elevado nível de biodiversidade. Parte da área da bacia pertence também a APA Petrópolis, que é uma Unidade de Conservação que compõem um corredor ecológico de grande relevância no Estado do Rio de Janeiro. Sua preservação se

torna de grande importância quando observamos que apenas 20% da cobertura original de Mata Atlântica ainda é preservada, a qual é considerada como um dos 25 hotspots de biodiversidade mundial. Seu equilíbrio vem sendo fortemente ameaçado pela ocupação humana, destacando a expansão urbana, o desmatamento descontrolado

e as atividades agrícolas que contribuem para a degradação do solo (MMA/IBAMA, 2007). Além disso, a bacia do rio Cuiabá foi atingida pelo evento catastrófico de janeiro de 2011 em que foram registrados 263 deslizamentos que culminaram em uma série de perdas econômicas e de vidas.

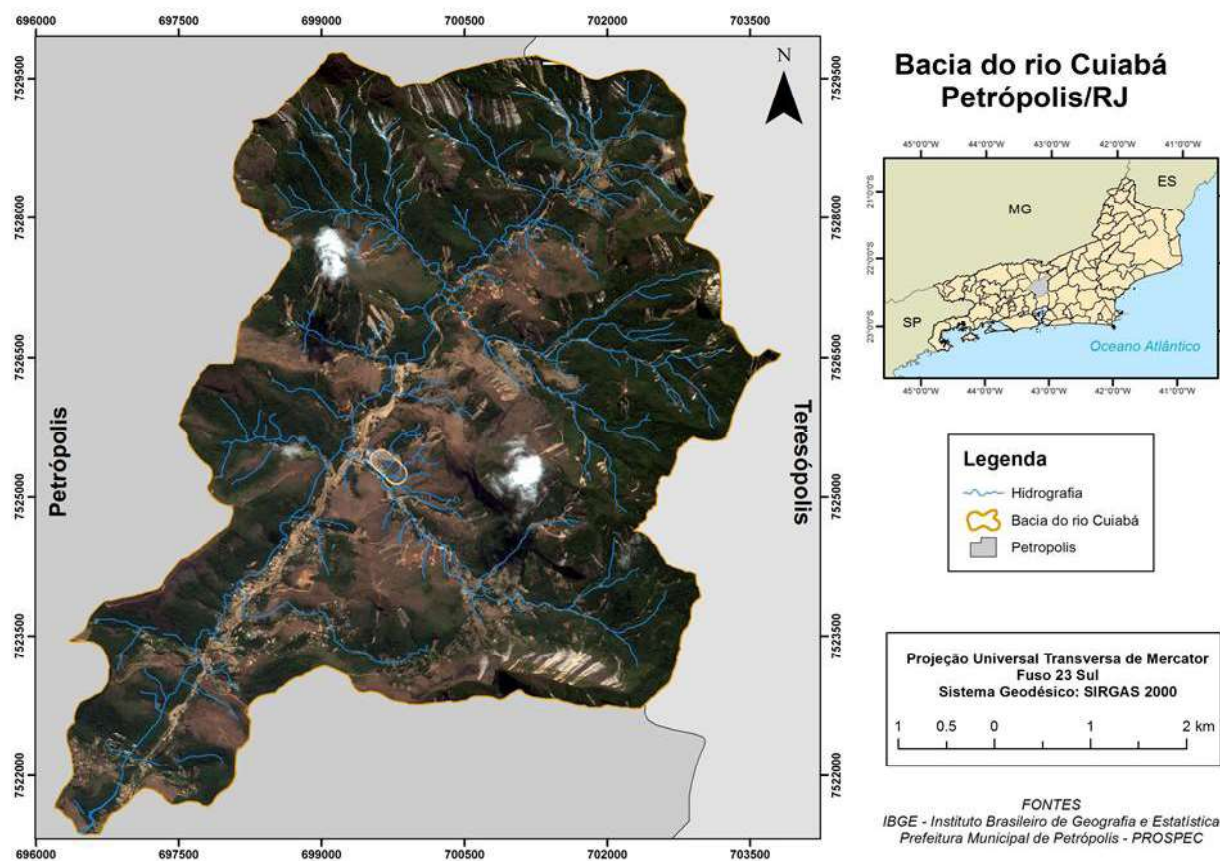


Fig. 3 - Mapa de localização da bacia do rio Cuiabá.

Devido aos grandes desníveis altimétricos presentes em uma região de extensão relativamente pequena, a formação geomorfológica é caracterizada por um relevo extremamente ondulado e montanhoso, o que torna esta região sugestiva para o desenvolvimento de trabalhos comparativos entre metodologias de mapeamento para Superfície Modelada e Superfícies Planimétricas, assim como, para uma delimitação mais precisa dos limites de áreas de conservação em uma região de grande interesse natural e que se mostra pressionada por uma série de atividades antrópicas.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

A elaboração deste trabalho foi dividida em cinco etapas: validação da delimitação

realizada pelo *software APP 1.0*, aquisição das bases cartográficas, edição das bases para serem carregadas no *software APP 1.0*, processamento dos dados editados no *software APP 1.0*, análise dos resultados e comparação das áreas delimitadas utilizando o *software ArcGIS 10.1*. Os procedimentos citados podem ser encontrados no fluxograma metodológico da figura 4 e são descritos nos subitens subsequentes.

#### 3.1 Dados de entrada e edições

Para a realização deste estudo foi utilizada uma base cartográfica na escala 1:10.000 da prefeitura municipal de Petrópolis (PROSPEC/PMP, 1999) de onde foram extraídas informações de curvas de nível, pontos cotados e hidrografia para a área da bacia do rio Cuiabá;

a partir destas informações foi gerado um MDE hidrológicamente consistente (MDEHC) de toda a área da bacia utilizando o método *TOPOGRID* que é baseado em uma grade regular retangular e onde tamanho de pixel definido foi de 5 metros.

Para a geração do MDE e preparação dos dados a serem carregados no *software APP 1.0* algumas edições topológicas da base cartográfica tiveram que ser realizadas, utilizando para tal finalidade o *software ArcGIS 10.1*.

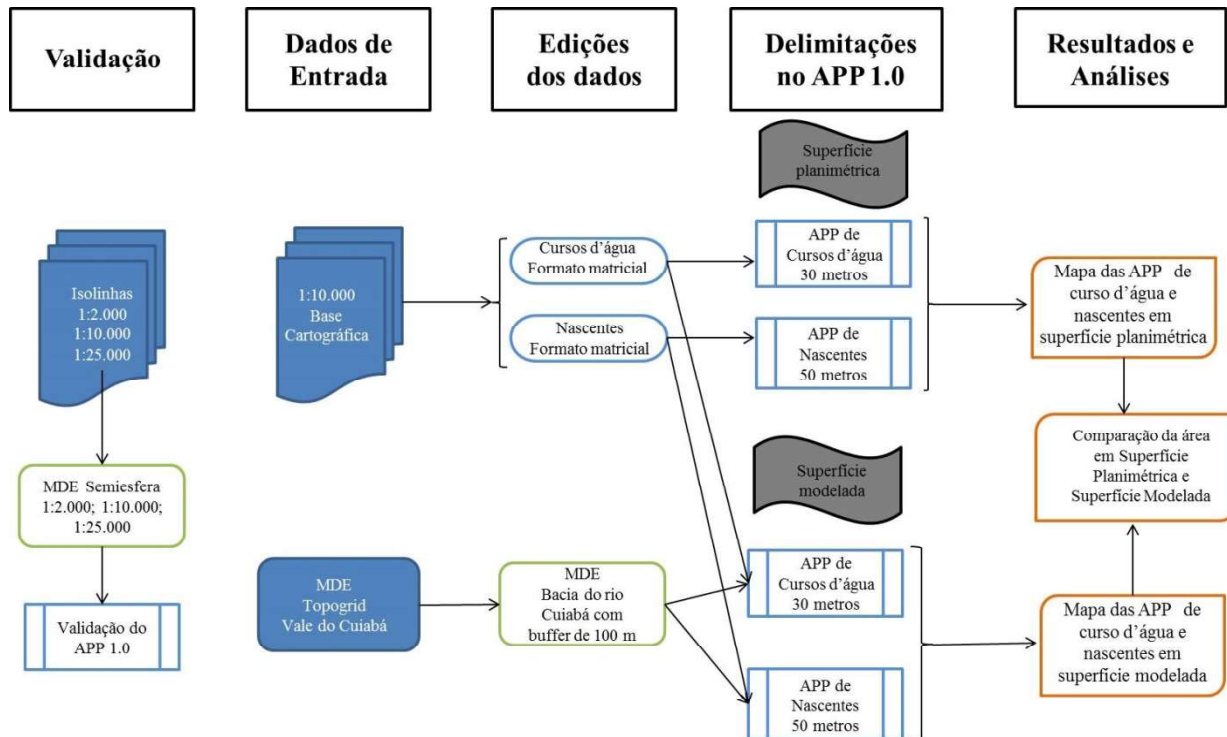


Fig. 4 - Fluxograma metodológico

A partir do arquivo de drenagem da bacia do rio Cuiabá foram criados os pontos de nascentes utilizados na delimitação desta categoria de APP. Em seguida, foi realizada a conversão dos arquivos de drenagem e nascentes do formato vetorial para o formato matricial para atender as especificações do *APP 1.0*, assim como o MDE *TOPOGRID*, apesar de já se encontrar em um formato matricial, precisou ser convertido para o formato ASCII que é utilizado pelo *APP 1.0*.

O MDE *TOPOGRID*, a hidrografia e as nascentes possuem a mesma resolução espacial de 5 metros. Essa padronização segue a geração do modelo que foi baseado na escala adotada para o estudo, além da recomendação do *APP 1.0* de que todos os dados de entrada estejam em uma mesma resolução espacial.

### 3.2 APP de nascentes

De acordo com o inciso IV da lei nº 12.651 de maio de 2012 que cria o Novo Código

Florestal Brasileiro, a proteção das áreas de nascentes se estabelece da seguinte forma:

*“As áreas no entorno das nascentes e dos olhos d’água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;” (BRASIL, 2012).*

Apesar de não ser especificado no Novo Código Florestal, o artigo 3º, inciso II da Resolução CONAMA nº 303/2002 estabelece que devem ser consideradas aptas ao enquadramento em APP todas as nascentes independente de possuir caráter perene ou intermitente. Devido à inexistência de levantamentos na base cartográfica com relação às áreas das nascentes e a dificuldade do mapeamento de tais feições, tanto pelo acesso quanto pelo seu caráter intermitente, foi considerada como nascente todo início de hidrografia, ou seja, as nascentes foram assumidas como o vértice de início de todas as feições lineares de drenagem.

Para obtenção dos pontos referentes às nascentes foi utilizada a ferramenta “*Features Vertice to Points*” no *software ArcGIS 10.1* responsável por gerar um ponto localizado em cada vértice inicial do arquivo de drenagem utilizado. Este procedimento demandou um refinamento do resultado devido ao fato de alguns pontos terem sido criados no meio das linhas de drenagem, isto ocorre por causa de problemas de ajustes topológicos associados ao processo de confecção do arquivo inicial de drenagem. Após as modificações necessárias, um total de 146 nascentes foi obtido para delimitação no *APP 1.0*.

### 3.3 APP de cursos d’água

Com relação aos cursos d’água, segundo o Novo Código Florestal Brasileiro, de acordo com o artigo 4º inciso I, fica definida como área de APP as faixas marginais de qualquer curso d’água natural perene ou intermitente, desde a borda do leito regular, em largura mínima de:

- 30 (trinta) metros, para os cursos d’água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- 50 (cinquenta) metros, para os cursos d’água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- 100 (cem) metros, para os cursos d’água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- 200 (duzentos) metros, para os cursos d’água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- 500 (quinhentos) metros, para os cursos d’água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros.

Deve-se observar que de acordo com o Manual Técnico de Convenções Cartográficas, do Ministério da Defesa (BRASIL, 1998), e a base cartográfica na escala 1:10.000, os rios com largura inferior a 8 metros de largura são representados por linhas simples. Já os rios com largura superior a 8 metros são representados por duas linhas espaçadas de acordo com sua largura. Com isso foi possível observar que a maior parte dos cursos d’água presentes na área de estudo possui uma largura inferior a 8 metros e por isso, as APP de suas faixas marginais devem ser de 30 metros. Excetua-se uma pequena região no baixo curso do rio Cuiabá onde o mesmo

perde seu potencial energético devido à menor declividade. Utilizando a ferramenta *Point Distance* do *ArcGIS 10.1* foi possível constatar que este segmento no baixo curso do rio possui margens com largura superior a 10 metros, tendo sua Área de Preservação Permanente das faixas marginais no valor de 50 metros.

### 3.4 Funcionamento do *software APP 1.0*

O MDE TOPOGRID, os cursos d’água e as nascentes foram carregados no *APP 1.0* que realiza uma varredura célula-a-célula buscando os pixels que possuem informação e os pixels que não possuem informação (*No Data*) dentro da área da bacia (Figura 5).

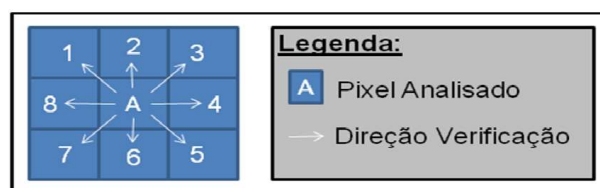


Fig. 5 - Análise radial para definição dos pixels de borda.

Após essa varredura inicial, o próximo passo é a identificação dos pixels de borda que marcam os limites da feição a ser delimitada como área de APP. Isto ocorre quando ao menos um dos oito pixels vizinhos do pixel central é considerado como *No Data*. Após a determinação dos pixels de borda é realizada uma análise radial para a delimitação da área a ser preservada de acordo com a feição a ser mapeada e sua disposição no Código Florestal (COURA, 2012).

A metodologia do *APP 1.0* descrita é utilizada para realizar a delimitação em Superfícies Planimétricas. Como foi dito anteriormente, o *software* também é capaz de realizar esta análise para Superfícies Modeladas, e para tal, são utilizados a diferença dos valores de elevação para cada pixel de borda. Quando a delimitação em Superfície Planimétrica é realizada, os valores de elevação presentes no MDE não são utilizados, sendo todos os pixels considerados com uma elevação de um metro de forma a considerar toda a área como uma superfície plana e homogênea (Figura 6a). Para o cálculo em Superfície Modelada, os valores da diferença de elevação entre os pixels de borda

e seus vizinhos são considerados, e a partir do cálculo geométrico baseado no Teorema de Pitágoras, é estabelecida a distância entre esses pixels. As distâncias calculadas a partir das

informações de elevação são utilizadas para compor um índice de distância acumulada que é somado até atingir a distância escolhida para a área de APP em questão (Figura 6b).

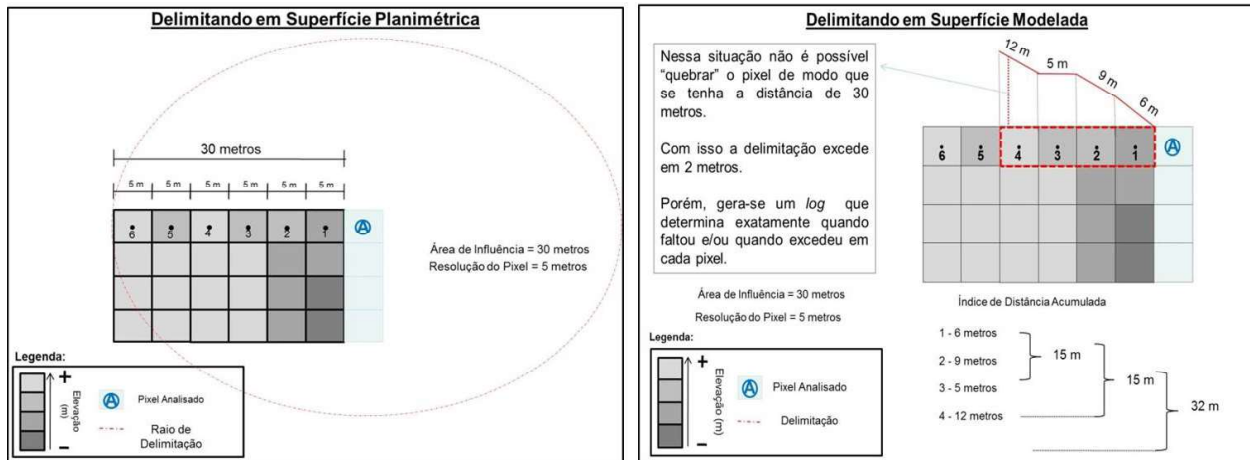


Fig. 6 - Metodologia para delimitação de áreas do APP 1.0 em Superfície Planimétrica (a) e Superfície Modelada (b).

### 3.5 Validação

No presente estudo foi utilizada a forma geométrica matematicamente definida da semiesfera como um modelo para validar os métodos de delimitação (SP e SM) provenientes do APP 1.0.

Esta forma geométrica e outras (pirâmide, cone e tetraedro) foram utilizadas por Fernandes (2004) em sua metodologia de validação dos diferentes tipos de Modelos Digitais de Elevação para a obtenção de observações em Superfície Modelada. Em seus resultados, a geometria mais complexa e que apresentou algum erro, mesmo que mínimo, em todos os testes foi a semiesfera.

Por isso a sua escolha na validação dos métodos de mapeamento em Superfície Modelada e Planimétrica deste estudo. A semiesfera utilizada e suas dimensões podem ser observadas na figura 7.

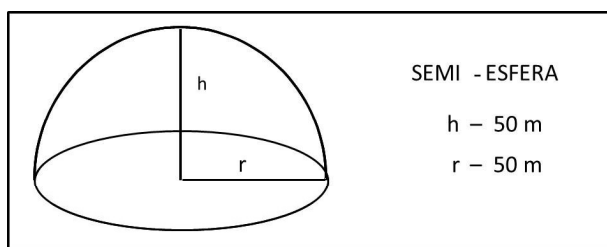


Fig. 7 - Dimensões da semiesfera – forma geométrica utilizada na validação.

Segundo Fernandes (2004), esta forma é representada planimetricamente, através de isolinhas de altura que representam as curvas de nível de um mapeamento planialtimétrico. Essas isolinhas foram geradas com três equidistâncias diferentes, simulando a representação de três escalas distintas (Figura 8).

- Equidistância de 1m – escala de 1:2000
- Equidistância de 5m – escala de 1:10000
- Equidistância de 10m – escala de 1:25000



Fig. 8 - Isolinhas da semiesfera, nas três equidistâncias diferentes, simulando a representação de três escalas distintas.

Desta forma, foram criados três MDE de grade regular retangular (GRID), utilizando o módulo TOPOGRID, um para cada equidistância de isolinha, sendo definido o tamanho de pixel de acordo com a acuidade visual de 0,2mm de cada escala (Tabela 1). A escolha deste método de geração de MDE se refere ao fato do APP 1.0 trabalhar com a estrutura matricial (raster), que é a mesma do MDE.



Tabela 1: Tamanhos dos pixels considerados para cada escala

Escala	Equidistância (m)	Área do pixel (m <sup>2</sup> )	Resolução espacial (m)
1:2.000	1	0,16	0,4
1:10.000	5	4	2
1:25.000	10	25	5

Após a criação dos MDE, foram delimitadas áreas de influência de 50 metros do ponto de maior altitude da semiesfera. Desta forma, procurou-se simular uma área de nascente em uma superfície de declividade variável como se apresenta a forma da semiesfera. A área utilizada para validar o método de delimitação do *APP 1.0* em Superfície Planimétrica foi o polígono delimitador da semiesfera, que possui raio de 50 metros. Já para validar o método de delimitação em Superfície Modelada do *APP 1.0* foram realizados uma série de cálculos trigonométricos que possibilitaram descobrir o raio em Superfície Planimétrica de uma área de influência de 50 metros delimitada em Superfície Modelada. Os cálculos resultaram em uma circunferência com raio de 42,0735492 metros e com o mesmo ponto de origem da semiesfera. Esta circunferência foi utilizada na validação da delimitação em Superfície Modelada.

#### 4. RESULTADOS

Nos subitens abaixo são apresentados os resultados da validação do *APP 1.0* e das delimitações de APP em Superfície Planimétrica e Superfície Modelada para a bacia do rio Cuiabá.

##### 4.1 Validação dos Métodos de Mapeamento do software *APP 1.0*

Como mencionado anteriormente, este trabalho buscou desenvolver seu próprio método de delimitação das áreas de preservação permanente em Superfície Planimétrica e Superfície Modelada através do *software APP 1.0*. Deste modo, é primordial a validação deste de forma que se compreendam suas potencialidades e limitações.

Na etapa de validação, foram geradas seis delimitações no *APP 1.0* sendo três em Superfície Planimétrica para cada escala (1:2.000, 1:10.000 e 1:25.000) e as outras três em Superfície Modelada, também para cada escala de análise.

Os valores das áreas em Superfície Planimétrica dos círculos de validação, calculados matematicamente, serviram de referência na validação dos mapeamentos em SP e SM gerados

pelo *APP 1.0*. Para chegar ao valor de área das feições delimitadas no *APP 1.0*, foi multiplicado o número de pixels existentes na delimitação com a resolução ao quadrado de cada uma delas. As figuras 8 e 9 mostram os valores encontrados em cada escala nas validações em Superfície Planimétrica e Superfície Modelada, respectivamente. O percentual demonstrado em cada figura está relacionado à diferença de área encontrada entre as áreas validadoras e as delimitações.

De certa forma, os erros encontrados em SP e SM se apresentaram com um padrão em cada escala. Ou seja, tanto em SP quanto em SM o percentual dos erros nas escalas de 1:2.000 e 1:10.000 tiveram um valor próximo, que pode estar relacionado a utilização da estrutura matricial, que tende a uma generalização do dado. Apenas na escala 1:25.000 existiu uma disparidade, pois o valor de erro encontrado em Superfície Planimétrica foi praticamente o dobro do encontrado em Superfície Modelada. Este fato mostra que o algoritmo de delimitação em Superfície Planimétrica precisa ser aprimorado. Outro aspecto importante, diz respeito ao padrão de comportamento na validação em que quanto maior a escala, menor o erro encontrado, o que pode ser entendido como um indício da confiabilidade da forma geométrica da semiesfera para validação já que a mesma se comportou conforme o esperado se levarmos em conta as diferentes escalas trabalhadas. Os resultados comparativos entre a diferença percentual da delimitação em Superfície Planimétrica e em Superfície Modelada e a área matematicamente calculada podem ser observados também nas figuras 9 e 10.

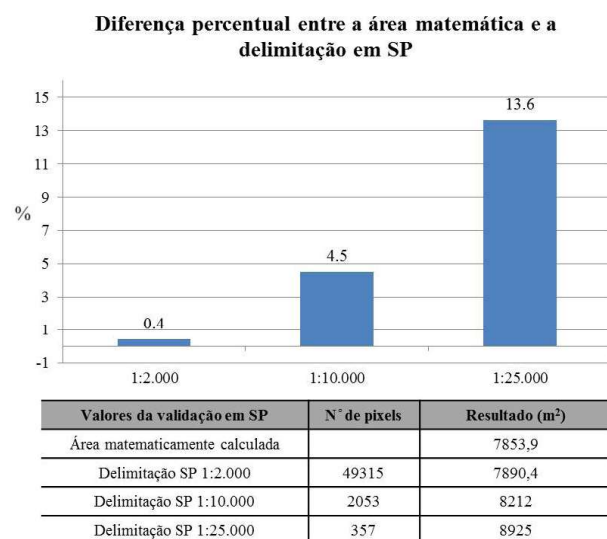


Fig. 9 - Validação das delimitações em SP

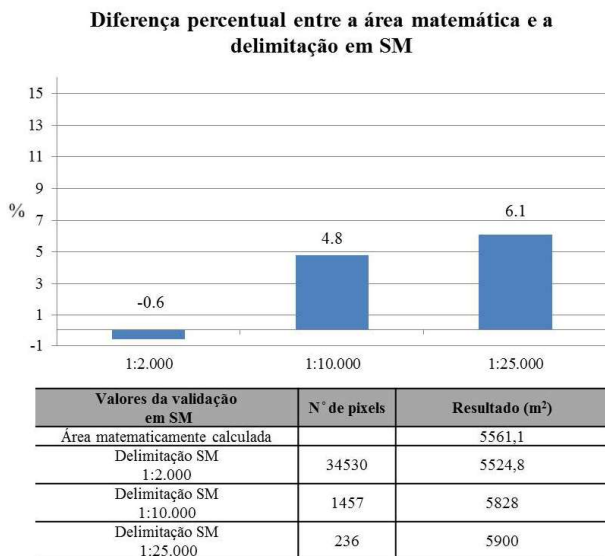


Fig. 10 - Validação das delimitações em SM

#### 4.2 Delimitação das APP

As delimitações foram realizadas em Superfície Modelada, no entanto, com a finalidade de demonstrar os impactos do uso da Superfície Planimétrica e da Superfície Modelada nos limites das APP, os cálculos de área foram feitos em Superfície Planimétrica para fins comparativos. Em outras palavras, simulou-se como os limites de APP seriam representados se plotados em um mapa impresso convencional e como isso impactaria em sua área. Por tais motivos a Superfície Planimétrica foi adotada como referência para os resultados comparativos.

Outra forma escolhida para realizar a comparação entre as delimitações feitas foi a utilização do número de pixels gerados para cada área. E por último, foi realizada uma avaliação relativa para obtenção do percentual de área ocupada pelas APP em função da área total da bacia.

Na delimitação das APP das 146 nascentes a soma das áreas delimitadas em Superfície Modelada resultou em um total de 1.100.700 m<sup>2</sup>, enquanto em Superfície Planimétrica apresentou o resultado de 1.259.400 m<sup>2</sup>. Isto representa uma redução de 12,6% em relação à Superfície Planimétrica na área delimitada de APP, com uma perda total de 158.700 m<sup>2</sup>. Com relação ao número de pixels, na delimitação gerada em Superfície Modelada, foram contabilizados 44.028 pixels. Já no arquivo gerado pela

delimitação em Superfície Planimétrica, este número corresponde a 50.376 pixels. A figura 11 mostra a sobreposição de algumas áreas delimitadas na bacia.

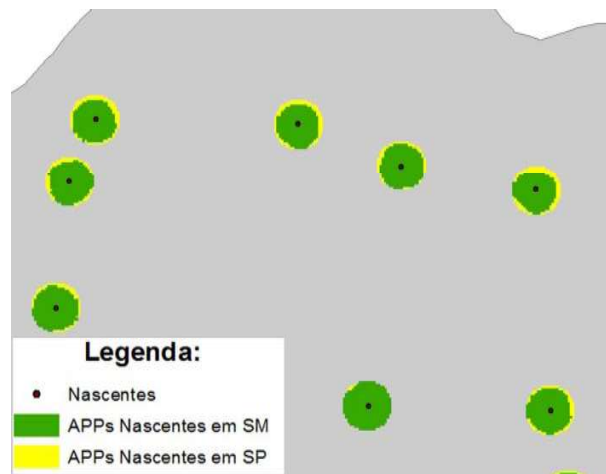


Fig. 11 - Sobreposição da delimitação das APP de nascentes em SP e SM.

Já para a delimitação das áreas de APP referentes a cursos d'água com largura inferior a 10 metros obteve-se área total de 6.009.525 m<sup>2</sup> em Superfície Modelada, e 6.269.575 m<sup>2</sup> em Superfície Planimétrica. Isto representa uma redução de área em relação à Superfície Planimétrica de 4,15% e uma perda total de 260.050 m<sup>2</sup>. Com relação ao número de pixels presentes no arquivo gerado pela APP 1.0, na delimitação em Superfície Modelada foram contabilizados 240.381 pixels, enquanto em Superfície Planimétrica foram encontrados 250.783 pixels. Na figura 12 pode-se observar a sobreposição desta delimitação em uma das regiões do rio Cuiabá.

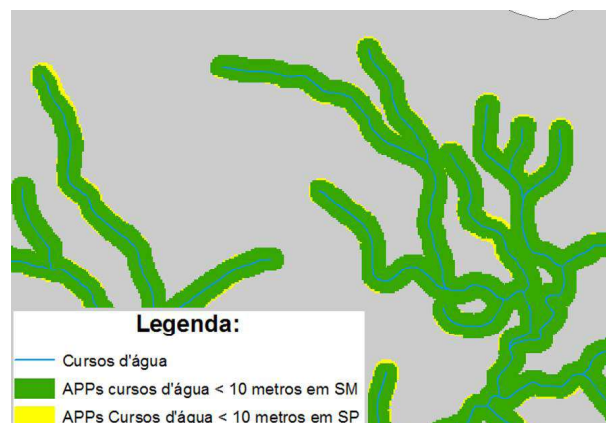


Fig. 12 - Sobreposição das APP de cursos d'água com largura inferior a 10 metros em SP e SM.

Os resultados da delimitação das áreas de APP para cursos d'água com largura superior a 10 metros retornaram em uma área de 71.950 m<sup>2</sup> para a Superfície Modelada e 77.740 m<sup>2</sup> em Superfície Planimétrica. Isto corresponde a uma redução de 7,45% em relação à Superfície Planimétrica, o que impacta na perda de 5.790 m<sup>2</sup> de área para preservação. O número de pixels gerados para esta APP em Superfície Modelada foi de 2.879 enquanto para Superfície Planimétrica foram identificados 3.447 pixels. A sobreposição entre as áreas delimitadas podem ser observadas na figura 13.

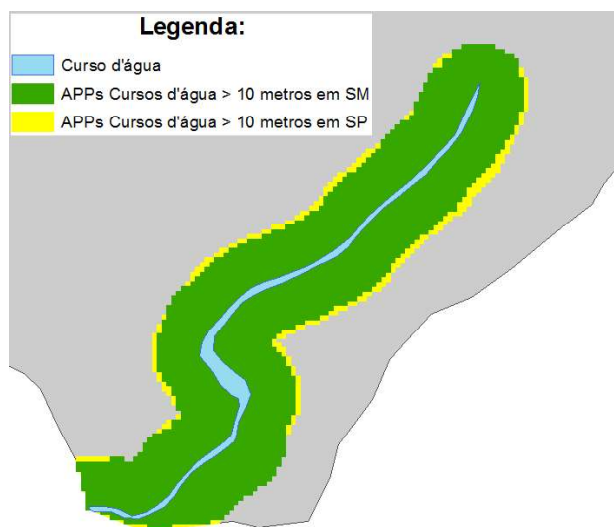


Fig. 13 - Sobreposição da APP de curso d'água com largura superior a 10 metros em SM e SP.

Na figura 14 pode ser observada a comparação entre os valores percentuais de área ocupada pelas APP em Superfície Planimétrica e em Superfície Modelada em relação à área total do Vale do Cuiabá. Em todos os tipos de APP houve uma redução de áreas de preservação permanente na bacia como um todo quando do uso da delimitação por Superfície Modelada.

Baseado nos dados acima expostos pode-se fazer algumas proposições relacionando os resultados e as áreas delimitadas. Proporcionalmente, a maior redução de área para preservação foi encontrada nas APP de nascentes com uma perda total de 12,6%, seguida das APP de cursos d'água de largura superior a 10 metros com uma redução de 7,45% e das APP de curso d'água com largura inferior a 10 metros que apresentaram uma redução de 4,15%. Um motivo que pode ser atribuído a esta redução de

área tão elevada nas áreas de APP de nascentes é a sua localização em terrenos mais acidentados e de maior rugosidade. Por estarem localizadas no início de canais de primeira ordem, as APP de nascentes ficam sujeitas a maior interferência do relevo durante a sua delimitação em Superfície Modelada, ou seja, associadas a maiores declividades. Apesar de parte dos cursos d'água estar localizado em áreas acidentadas, assim como as nascentes, seu maior volume encontra-se nas regiões de fundo de vale, o que pode justificar uma redução percentual de área tão inferior se comparado as APP de nascentes.

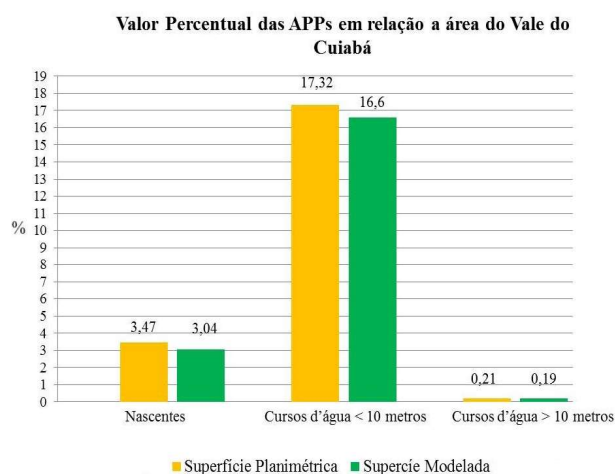


Fig. 14 - Comparação entre os valores percentuais de áreas de APP e a área total do Vale do Cuiabá.

Mesmo tendo sido a APP com menor redução percentual de área, quando comparamos as delimitações em Superfície Modelada e Superfície Planimétrica com a área total da bacia do rio Cuiabá, a perda de área de preservação das margens dos rios com largura inferior a 10 metros se mostra a mais expressiva, saindo de 17,32% da área total da bacia para 16,60%. Por ser a APP de maior extensão na região da bacia, tal resultado é apontado como de grande expressão, afetando de maneira mais efetiva a delimitação de APP na bacia como um todo.

Sabe-se também que muitas das áreas de APP se sobrepõem, isto porque, quando delimitamos uma APP de nascente, ela automaticamente irá se sobrepôr a APP dos cursos d'água no início de suas drenagens. Para evitar resultados mascarados por tal característica, todas as áreas delimitadas como APP foram somadas em um arquivo único para

se obter a área total de forma contínua das APP do Vale do Cuiabá, sem sobreposições. Os resultados mostram uma área total de APP em Superfície Modelada de 6.497.300 m<sup>2</sup>, e de 6.841.915 m<sup>2</sup> em Superfície Planimétrica. Tais valores correspondem, respectivamente, a 17,95% e 18,90% da área total da Bacia do Cuiabá.

Vale lembrar que os valores de área analisados são apenas uma forma de tornar quantificável a diferença nos limites das APP. As áreas aqui apresentadas são resultantes do cálculo em Superfície Planimétrica dos polígonos das APP gerados pelos dois métodos. Ou seja, uma afirmação de que uma delimitação gera área menor do que outra, ou que a delimitação por Superfície Modelada diminui as áreas de APP é precipitada. Isto porque, se calcularmos em Superfície Modelada as áreas da delimitação nesta mesma superfície, a lógica indica que o resultado deve ser semelhante ao apresentado pelo cálculo da área em Superfície Planimétrica

da delimitação realizada nesta superfície. O que se pretende destacar aqui é que os impactos da delimitação em cada uma das superfícies alteram a abrangência da área delimitada, podendo incluir feições que não seriam inclusas em outra superfície pois seu limite é alterado pela forma do relevo como foi mostrado nas figuras 11, 12 e 13.

Assim, por levar em conta a declividade do terreno na mensuração da distância, os polígonos definidos em Superfície Modelada serão sempre menores caso o relevo não seja plano. Entretanto, calculando cada área a partir da mesma superfície utilizada para a delimitação a diferença no valor de área tende a ser minimizada.

Essa relação que acarreta as diferentes delimitações em função da declividade é explicita na figura 15, onde definindo um limiar de 30 metros para APP de curso d'água em encosta de 45° de declividade podemos observar diferentes limites da APP utilizando a Superfície Modelada e a Superfície Planimétrica.

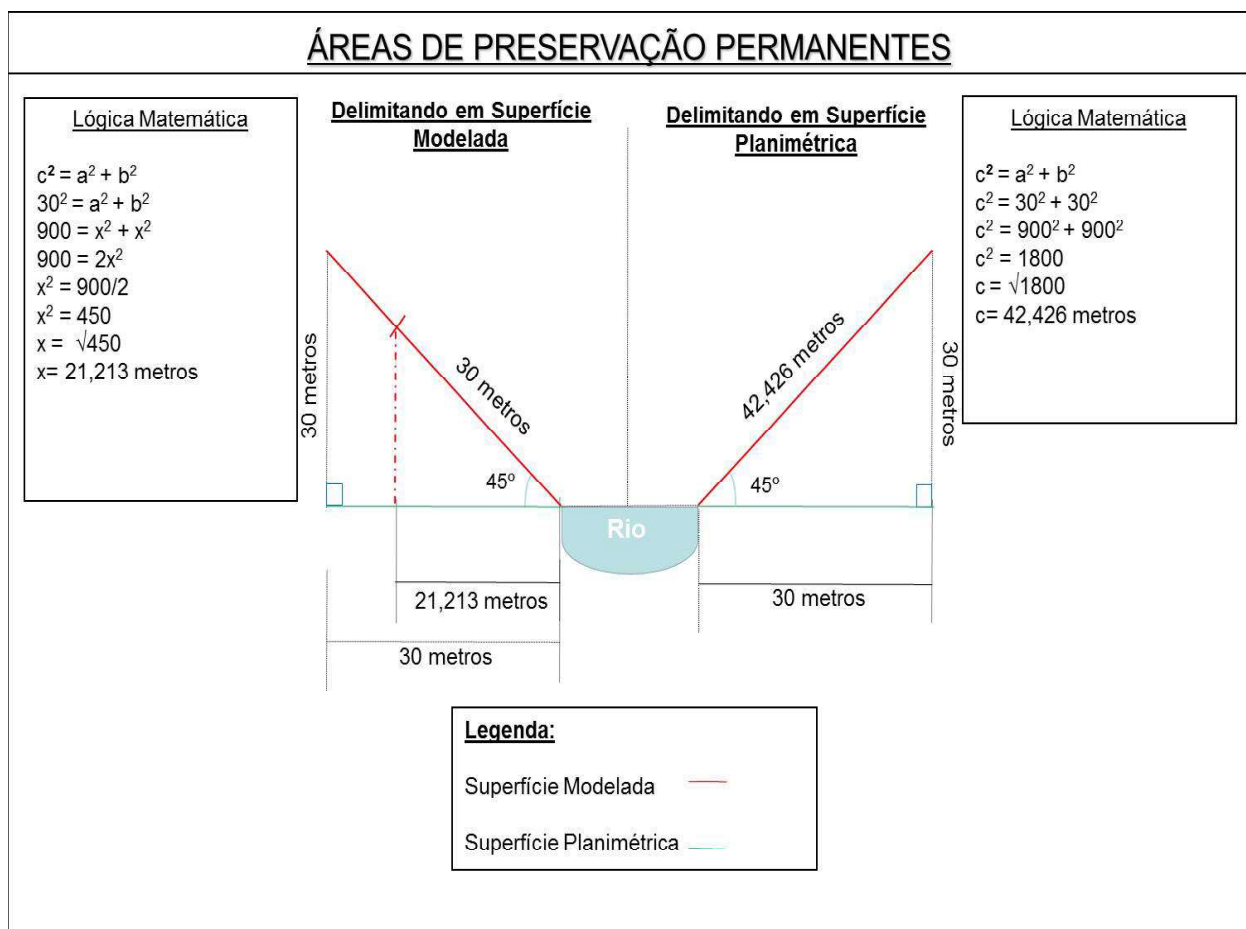


Fig. 15 - Diferenças ao realizar uma delimitação em SP e SM.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho conseguiu com êxito realizar a delimitação das Áreas de Preservação Permanente em Superfície Modelada e uma posterior comparação de tais áreas com a delimitação realizada em Superfície Planimétrica. Uma redução de área destinada à preservação foi observada em todas as APP delimitadas em Superfície Modelada, com percentuais variando entre 12,6% e 4,15% em relação à Superfície Planimétrica. Tais resultados podem ser diretamente relacionados à localização geográfica das feições delimitadas, de tal forma que, quanto mais acidentado, ou seja, mais declivoso é o terreno em que as feições se distribuem espacialmente, maior é a diferença na área delimitada.

Os resultados obtidos ressaltam a extrema importância de considerar as consequências do uso de observações em Superfície Modelada e Planimétrica quando são realizados planejamentos e estudos em diferentes áreas, como no caso em questão, ambiental.

Impulsionada por uma série de fatores, como a necessidade de moradia e disponibilidade de solo para práticas agrícolas, a ocupação das áreas de encosta, margens de rios e de nascentes se tornaram frequente ao longo do desenvolvimento de determinadas regiões. Neste sentido, uma delimitação mais precisa das áreas a serem preservadas significa um manejo mais eficiente desta área de grande interesse ambiental, protegendo seus produtos naturais para as gerações futuras.

É necessário lembrar a ocorrência de eventos recentes de enchentes e deslizamentos, como o de janeiro de 2011, o que torna a avaliação de tais áreas de preservação, assim como, sua capacidade de amortização de tais eventos, de grande importância. Como é observado em SMITH & PETLEY (2009), um planejamento de ocupação do solo é extremamente importante para reduzir o número de fatalidades em áreas de catástrofes recorrentes.

O que se buscou durante a realização deste trabalho foi avaliar a legislação brasileira com relação às áreas de preservação e o fato desta não considerar de maneira específica como deve ser realizada sua delimitação. A inclusão de uma especificação do tipo de superfície a

ser considerada durante a delimitação, assim como uma padronização da técnica utilizada para delimitação pelos fiscais em campo, pode significar um avanço na proteção ambiental nacional, e conseqüentemente, nos recursos naturais.

Espera-se que os debates e questionamentos apresentados sejam motivadores de novas discussões e pesquisas referentes à preservação de áreas ambientais. Um aperfeiçoamento da legislação, assim como, das técnicas utilizadas para o manejo e gestão, podem significar um importante avanço na conservação da integridade dos sistemas ambientais e sua preservação.

## AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Geoprocessamento Aplicado da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (LGA/UFRRJ) e o professor Dr. Tiago Badre Marino pelo desenvolvimento do *software APP 1.0*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, R. S. **Avaliação de índices geomorfológicos em Superfície Planimétrica (SP) e Superfície Modelada (SM), Vale do Cuiabá, Petrópolis – Rio de Janeiro, Brasil.** Portugal. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Gestão do Território da Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa – FCSH. p. 86, 2014.

BRASIL. **Medida Provisória nº 2.166-67, de 23 de agosto de 2001.** Diário Oficial da União, Brasília, DF. Disponível em <[http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/legislacao/federal/med\\_provisoria/2001\\_Med\\_Prov\\_2166\\_67.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/legislacao/federal/med_provisoria/2001_Med_Prov_2166_67.pdf)>. Acesso: Maio de 2014.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Institui o Novo Código Florestal.** Diário Oficial da União, Brasília, DF (2012). Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm). Acesso: Maio de 2014.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.** Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>. Acesso: Maio de 2014.

- BRASIL. 1998. **Manual Técnico de Convenções Cartográficas (1ª parte)** – T 34 – p. 700. Brasília, Ministério da Defesa - Exército Brasileiro, 1998.
- COLARES, V. V. I. OLIVEIRA, L. F. B. ARAÚJO, R. S. E FERNANDES, M. C. Obtenção de índices geomorfológicos a partir de observações em superfície modelada e sua influência com eventos de deslizamentos na bacia do Vale do Cuiabá – Petrópolis (RJ). **Revista Continentes (UFRRJ)**, ano 5, N° 8, p. 21-34, 2016.
- COURA, P. H. F. **Avaliação das Áreas de Preservação Permanente em Superfície Real na Área de Proteção Ambiental de Petrópolis, RJ**. Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio de Janeiro, p. 107, 2012.
- FERNANDES, M. C. **Desenvolvimento de Rotina de Obtenção de Observações em Superfície Real: Uma Aplicação em Análises Geoecológicas**. Rio de Janeiro. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, p. 263, 2004.
- FERNANDES, M. C.; MENEZES, P. M. L. Comparação Entre Métodos para Geração de MDE para a Obtenção de Observações em Superfície Real no Maciço Da Tijuca-RJ. **Revista Brasileira de Cartografia**. N° 57/02, p. 154 -16. 2005.
- GRAEFF, O., VALVERDE, Y., COUTINHO, B., BRASIL, F. **Diagnóstico Sobre Eventos Naturais Extremos Ocorridos no Vale do Cuiabá**. Instituto Superior do Ministério Público. Rio de Janeiro, AMPERJ, p. 57, 2011.
- HOBSON, R. D. Surface Roughness in Topography: Quantitative Approach. In: CHORLEY, R. J. (Org.). **Spatial Analysis in Geomorphology**. Harper & Row, New York, USA. p. 221 – 245, 1972.
- IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental da Região Serrana de Petrópolis**. Brasília, 489 p, 2007.
- JENNESS, J.S. Calculating Landscape Surface Area from Digital Elevation Models. **Wildlife Society Bulletin**, v. 32, n. 3, p. 829-839, 2004.
- LAETA, T.; FERREIRA DA SILVA, L. F. C.; FERNANDES, M. C. Observação do Impacto do Uso de Área Projetada a Partir do Índice de Reserva Legal no Maciço Da Tijuca/RJ. **Revista Brasileira de Cartografia**. N° 68/1, p. 223 – 233. 2016.
- MENEZES, P.M.L & FERNANDES, M.C. **Roteiro de Cartografia**. 1ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, p. 288, 2013.
- MICELI, B. S. FERNANDES, M. C. E ESTRADA, A. F. D. Análise Temporal da Cobertura e Uso da Terra Através de Observações em Superfície Modelada na APA Petrópolis, Rio de Janeiro. **Geo UERJ**, n. 26, p. 211-225, 2015.
- PMP. **Base cartográfica, escala 1:10.000**, desenvolvida para Prefeitura Municipal de Petrópolis pela empresa PROSPEC, 1999.
- SMITH, K, & PETLEY D.N. **Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster**. New York: Routledge, p. 416, 2009.