



Ministério da
Ciência e Tecnologia



Levantamento do meio físico e classificação das terras no sistema de capacidade de uso da Microbacia do Ribeirão Putim.

Rafaela Soares Niemann

Relatório de trabalho desenvolvido na disciplina de Introdução ao Geoprocessamento do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto

INPE
São José dos Campos
2012

Levantamento do meio físico e classificação das terras no sistema de capacidade de uso da Microbacia do Ribeirão Putim.

Rafaela Soares Niemann¹

¹Divisão de Sensoriamento Remoto - DSR
Instituto Nacional de Pesquisas espaciais – INPE
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos – SP
rniemann@dsr.inpe.br

Resumo: O solo e a sua capacidade de utilização são constantemente modificados principalmente por ações antrópicas. A caracterização física da capacidade de manejo e uso do solo permite um melhor aproveitamento e menores perdas quanto aos danos causados por processos erosivos. Como forma de explicitar esta capacidade de uso, foi utilizado o manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Realizou-se esta metodologia por meio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) e através de álgebra de mapas, por inferência de lógica booleana.

Palavras chaves: Capacidade de uso, Caracterização de meio físico, Geoprocessamento, Álgebra de mapas.

1. Introdução

O uso adequado da terra é o primeiro passo em direção à utilização de uma agricultura correta. Para isso, deve-se empregar cada parcela da terra de acordo com a sua capacidade de sustentação e produtividade econômica de forma que os recursos naturais sejam colocados à disposição do homem para seu melhor uso e benefício, e ao mesmo tempo, preservar estes recursos para gerações futuras (LEPSCH et al., 1991).

A capacidade de uso da terra pode ser conceituada como a adaptabilidade da terra às diversas formas de utilização agrícola, sem que ocorra o depauperamento do solo pelos fatores de desgaste e empobrecimento (LEPSCH et al., 1991). A determinação da capacidade de uso da terra envolve a interpretação dos fatores que têm maior influência sobre o uso da terra, como a natureza do solo, a declividade e a erosão, entre outros; e baseiam-se, primordialmente, nos efeitos do clima sobre o solo e sua resultante evolução e degradação (NANNI, 2005).

O conceito de Área de Preservação Permanente (APP), definido no Código Florestal de 1965, surge do reconhecimento e da importância da sociedade em manter a vegetação de determinadas áreas de uma bacia hidrográfica. Os benefícios ambientais decorrentes da delimitação das áreas de preservação permanente se estendem às comunidades vizinhas e, principalmente, àquelas situadas à jusante (SOARES, 2011).

No meio rural, as APPs assumem importância estratégica no desenvolvimento sustentável, sendo possível apontar uma série de benefícios ambientais decorrentes da

manutenção dessas áreas. Temos neste contexto as áreas marginais aos corpos d'água (rios, córregos, lagos, reservatórios) e nascentes; topos de morros e montanhas, encostas acentuadas, restingas e mangues, dentre outros (SOARES, 2011).

O uso de abordagens automatizadas adquire maior importância à medida que o problema a ser analisado apresenta-se em grandes dimensões, complexidade e com custos para operacionalização em campo bastante elevados. Tais situações constituem grandes desafios, pois os critérios de delimitação de APPs e de capacidade de uso com base na declividade exigem o envolvimento de pessoal especializado e de informações detalhadas da unidade espacial em análise (FUJIHARA, 2005).

A adoção de técnicas de geoprocessamento, utilizando um Sistema de Informações Geográficas – SIG na caracterização dos recursos naturais e na agricultura tem proporcionado aos usuários uma visão mais ampla e profunda do comportamento das variáveis envolvidas nos diferentes processos (SOARES, 2001).

Ao utilizar de técnicas de geoprocessamento para estudar a evolução e adequação do uso agrícola das terras numa Microbacia, tem-se utilizado técnicas de processamento de imagens e álgebra de mapas junto ao *software* SPRING, onde este se tem mostrado eficiente na geração de separabilidade de regiões (NANNI, 2005).

Neste contexto, foi motivado a realização da caracterização física da Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Putim e também assim analisar o cumprimento da legislação ambiental nas áreas de preservação permanentes (APPs) ao longo dos córregos, nascentes, lagos, pequenas represas e encostas inseridas na região, baseando-se nos modelos de compartimentalização de áreas através da capacidade de uso da terra como descrito por Lepsch et al. (1991) e Bertolini e Belinazzi Jr. (1994). Como finalidade deste trabalho, tem-se a determinação das áreas de conflito, principalmente com as áreas consolidadas e degradadas confrontados o uso atual e a capacidade de uso das terras.

1.1 Área de estudo:

A Microbacia do Ribeirão Putim está localizada na região Sudeste do município de São José dos Campos SP, e pertence principalmente a um Domínio morfoclimático de Mata Atlântica. Suas nascentes estão encravadas na borda da Serra do Mar, tendo um relevo suave, apresentando morros no formato meia-laranja e algumas colinas. Sua área se estende na direção sudeste-norte, drena cerca de 50 Km² do território do município e deságua no Rio Paraíba do Sul (PAULA et al, 2011).



Figura 01 – Localização da Microbacia do Ribeirão Putim

Em sua área estão inseridos os bairros: Vila Adriana, Jardim São Judas Tadeu, Vila Iracema, Jardim Santo Onofre, Jardim São Leopoldo, Jardim Santa Fé, Jardim do Lago, Jardim Santa Rosa, Jardim Santa Luzia, Jardim Santa Júlia, Jardim Colorado, Jardim da Granja, Jardim Souto, Vila São Benedito, Jardim Paulista, Vila Industrial e Vila Lúcia (PAULA et al, 2011).

A Microbacia do Ribeirão Putim é cortada por três importantes rodovias, a Rodovia Presidente Dutra, a Rodovia Estadual Tamoios e a Rodovia Estadual Governador Carvalho Pinto. Também estão na área de estudo grandes instituições públicas federais: o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE e o Centro Tecnológico da Aeronáutica – CTA (PAULA et al, 2011).

1.2 Capacidades de uso da terra

O sistema de capacidade de uso da terra é uma classificação técnico-interpretativa, originalmente estruturada pelo Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos, para

agrupar solos em classes de capacidade de uso, o qual foi adaptado para as condições do Brasil por Lepsch (1991).

A classificação da capacidade de uso é constituída por quatro níveis hierárquicos estruturadas nas categorias: grupos, classes, subclasses e unidades. Quanto maior a hierarquia da categoria, a classificação indicará possibilidade de uso mais intensivo, ou então de menor restrição para determinada área (LEPSCH et al., 1991).

O sistema de classificação da capacidade de uso, descrito por Lepsch (1991), é descrito em:

a) Grupos - estabelecem o grau de intensidade de uso das terras (A, B ou C):

- ✓ *Grupo A*: terras passíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagens e/ou reflorestamento e vida silvestre.
- ✓ *Grupo B*: terras impróprias para cultivos intensivos, mas ainda adaptadas para pastagens e/ou reflorestamento e/ou vida silvestre, porém cultiváveis em casos de algumas culturas especiais protetoras do solo.
- ✓ *Grupo C*: terras não adequadas para cultivos anuais, perenes, pastagens ou reflorestamento, porém apropriadas para a proteção da flora e fauna silvestre, recreação ou armazenamento de água.

b) Classes de capacidade de uso - definem o grau de limitação do uso (I, II, III, IV, V, VI, VII e VIII):

- *Classe I*: terras cultiváveis, aparentemente sem problemas especiais de conservação;
- *Classe II*: terras cultiváveis com problemas simples de conservação;
- *Classe III*: terras cultiváveis com problemas complexos de conservação;
- *Classe IV*: terras cultiváveis apenas ocasionalmente ou em extensão limitada, com sérios problemas de conservação;
- *Classe V*: terras adaptadas em geral para pastagens e/ou reflorestamento, sem necessidade de práticas especiais de conservação, cultiváveis apenas em casos muito especiais;
- *Classe VIII*: terras impróprias para cultura, pastagem ou reflorestamento, podendo servir apenas como abrigo e proteção da fauna e flora silvestre, como ambiente para recreação, ou para fins de armazenamento de água.

c) **Subclasses de capacidade de uso** - distinguem a natureza da limitação de uso (classe seguida por letras minúsculas, "e", "s", "a" e "c", que identificam as limitações, ex. IIe):

- *e*: limitações pela erosão presente e/ou risco de erosão;
- *s*: limitações relativas ao solo;
- *a*: limitações por excesso de água.

d) **Unidades**: utiliza-se numeral arábico após a subclasse IIe-1, IIe-2);

e) **Grupos de manejo**: representam grupamentos de terra que deverão receber idêntico manejo agrícola.

Os grupos consideram o ordenamento das culturas agropecuárias, por ordem decrescente de intensidade de uso, em culturas anuais, perenes, pastagens/reflorestamento e vida silvestre. O grupo A identifica terras passíveis de qualquer utilização, seguindo-se as indicações das classes I a IV, que indicam as restrições quanto às práticas de conservação. As terras do grupo B são impróprias para cultivos intensivos, mas ainda adequadas para pastagens, reflorestamento e vida silvestre, com as devidas restrições indicadas pelas classes V a VII. O grupo C comporta somente a classe VIII e indicam terras impróprias para qualquer tipo de cultivo, destinadas apenas para proteção e abrigo da fauna e flora silvestre, para fins de recreação e turismo ou de armazenamento de água (FUJIHARA, 2002).

As áreas que não possibilitam o desenvolvimento de vegetação, são denominados tipos de terreno e, não são classificadas em nenhuma das oito classes de capacidade de uso, enquadrando-se afloramentos de rochas, areias de praias, áreas escavadas pelo homem, entre outros (LEPSCH et al, 1991).

A metodologia, definida por Lepsch, (1991) atualmente, tem sido utilizada para verificar a adequabilidade entre o uso atual e a capacidade de uso da terra (FUJIHARA, 2002).

1.3 Importâncias do geoprocessamento para classificação de capacidades de uso:

O termo Geoprocessamento pode ser definido como o conjunto de tecnologias relacionadas ao tratamento da informação espacial, como definido por Fujihara (2005) como técnicas de:

- a) *coleta de informação espacial*: cartografia, sensoriamento remoto, Sistema de Posicionamento Global por Satélite (GPS), topografia convencional, fotogrametria e levantamento de dados alfanuméricos;
- b) *armazenamento de informação espacial*: banco de dados do tipo orientado a objetos, relacional, hierárquico, etc.;
- c) *tratamento e análise de informação espacial*: modelagem de dados, aritmética lógica, reclassificação, geoestatística, funções topológicas e análise de redes;
- d) uso integrado de informação espacial: Sistema de Informação Geográfica (SIG), *Land Information System (LIS)*, *Automated Mapping/Facilities Management (AM/FM)* e *Computer Aided Drafting and Design (CADD)*.

Dentre os sistemas desenvolvidos para uso integrado de informação espacial, os SIGs têm evoluído e ampliado a sua aplicação para variados estudos agro-ambientais. Segundo Câmara et al. (2001), podem ser apontados pelo menos quatro grandes dimensões dos problemas ligados aos estudos ambientais, onde é grande o impacto do uso da tecnologia de SIG: mapeamento temático, diagnóstico ambiental, avaliação de impacto ambiental, ordenamento territorial e os prognósticos ambientais.

Segundo esta concepção, Câmara et al. (2001) descreveu que os estudos de mapeamento temático visam a caracterizar e entender a organização do espaço, como base para o estabelecimento das bases para ações e estudos futuros. A área de diagnóstico ambiental objetiva estabelecer estudos específicos sobre regiões de interesse, com vistas a projetos de ocupação ou preservação. Os projetos de avaliação de impacto ambiental envolvem o monitoramento dos resultados da intervenção humana sobre o ambiente. Os trabalhos de ordenamento territorial objetivam normatizar a ocupação do espaço, buscando racionalizar a gestão do território, com vistas a um processo de desenvolvimento sustentável (FUJIHARA, 2005).

Todos estes estudos têm como característica básica a interdisciplinaridade, decorrente da convicção de que não é possível compreender perfeitamente os fenômenos ambientais sem analisar todos os seus componentes e as relações entre eles, estes projetos buscam sempre uma visão integrada da questão ambiental em conjunto com a questão social (CÂMARA et al., 2001).

As técnicas de geoprocessamento, incluindo sensoriamento remoto, são importantes ferramentas de geração e manipulação de grandes volumes de informações, visto que as mesmas reduzem consideravelmente o tempo de processamento em relação aos métodos

tradicionais. Elas possibilitam a coleta e análise de informações temáticas e oferecem subsídios ao planejamento agrícola e ambiental (FUJIHARA, 2005).

2. Materiais

Para a realização deste trabalho foram utilizados:

- Cartas Topográficas do Instituto Geográfico e Cartográfico de São Paulo, escala 1:10.000, projeção Universal Transverso de Mercato (UTM), DATUM SAD69;
- Curvas de nível digitalizadas com resolução vertical de 5 m;
- *Shape* de dados de geotecnia; do Instituto Geográfico e Cartográfico de São Paulo, escala 1:10.000, projeção Universal Transverso de Mercato (UTM), DATUM SAD69;
- *Shape* de dados de drenagem; do Instituto Geográfico e Cartográfico de São Paulo, escala 1:10.000, projeção Universal Transverso de Mercato (UTM), DATUM SAD69;
- *Shape* de dados de solo, do Instituto Geográfico e Cartográfico de São Paulo, escala 1:10.000, projeção Universal Transverso de Mercato (UTM), DATUM SAD69;
- Rede hidrográfica digitalizada, na escala de 1:10.000;
- Imagem digital QuickBird, sintética de 2007;
- *Software: SPRING* versão- 5.2 para WINDOWS.

3. Metodologia:

Para a realização deste trabalho, foram seguidos os procedimentos conforme OMT-G abaixo:

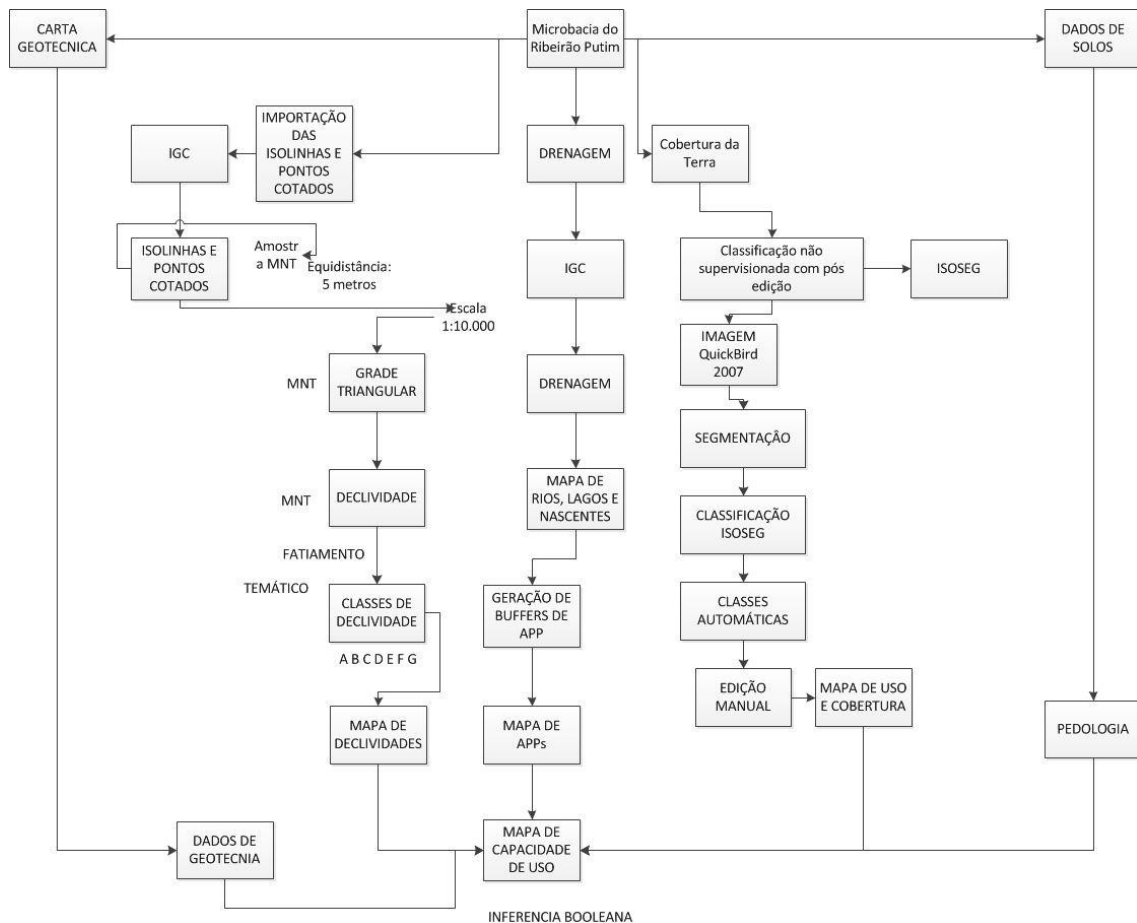


Figura 2: OMT-G das etapas do desenvolvimento do trabalho.

3.1) Importação dos dados de declividade

Foi criado um banco de dados, através de dados obtidos pelo IGC - *Instituto Geográfico e Cartográfico*, onde neste banco foi criado um Projeto de nome PUTIM, na plataforma SPRING 5.2. Este banco baseia-se no Sistema de *Projeção* Universal Transverso de Mercato, com DATUM SAD 69, com retângulo envolvente de X1: 370962.5139m, X2: 448736.5557m; Y1: 7419155.5231m e Y2: 7480509.7515m.

Para integrar ao banco, foram importados os dados de: Altimetria (MNT), Recorte da Imagem QuickBird – 2007, drenagem (rios, lagos e nascentes), solos (pedologia da bacia) e geotecnia (dados de geotecnia e solos). Os dados foram associados nas categorias IMAGEM (que descrevem um dado matricial, *pixel a pixel*), TEMÁTICO (que descrevem a distribuição espacial de uma grandeza geográfica, expressa de forma qualitativa), CADASTRAL (por ser um objeto geográfico) e MNT (por pertencer aos modelos numéricos de terreno), de acordo com sua predileção. Esta importação foi realizada em novos Planos de Informação criados para atribuir estes dados. Os dados importados estão demonstrados na tabela abaixo:

Tabela 1: Dados importados/de entrada

CATEGORIA	MODELO	PLANO DE INFORMAÇÃO
Altimetria	MNT	Curvas
Carta_Geotecnica	Temático	Geotecnia
COBERTURA_DA_TERRA_2007	Temático	2007
Drenagem_SPMA	Temático	Drenagem
	Temático	Limite
QuickBird_2007	Imagem	207_rec
SOLOS	Temático	Pedologia
SOLOS_SP	Cadastral	Solos

Neste projeto corrente (PUTIM), foi importado os dados de amostras MNT de isolinhas e pontos cotados na categoria *Altimetria* no Plano de Informação *curvas*, com escala 1:10.000 com equidistância entre as isolinhas de 5 metros.

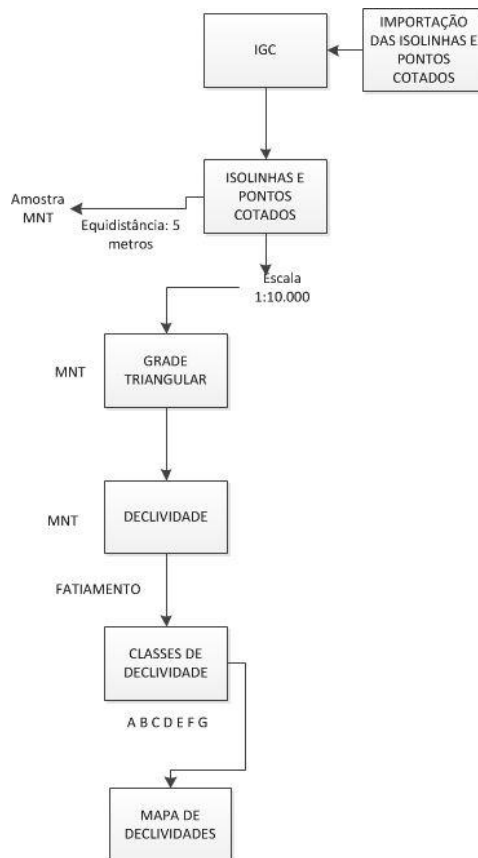


Figura 3 – Fluxograma de importação dos dados de declividade

Com o intuito de gerar uma grade e posteriormente a declividade das isolinhas importadas ao banco, foi estabelecida uma *malha triangular* ou TIN (do inglês “*triangular*”

irregular network”) onde esta corresponde a uma estrutura do tipo vetorial com topologia do tipo *nó-arco* e representa uma superfície através de um conjunto de faces triangulares interligadas (CÂMARA et al.,2003). Para cada um dos três vértices da face do triângulo são armazenadas as coordenadas de localização (x, y) e o atributo z, com o valor de elevação ou altitude. Em geral, nos Sistemas de Informação Geográficos que possuem pacotes para MNT, os algoritmos para geração da grade triangular baseiam-se na triangulação de *Delaunay* com restrição de região. Quanto mais equiláteras forem as faces triangulares, maior a exatidão com que se descreve a superfície. O valor de elevação em qualquer ponto dentro da superfície pode ser estimado a partir das faces triangulares, utilizando-se interpoladores (CÂMARA et al.,2003).

Devido esses fatores, foi gerado em um novo PI uma grade triangular, para preservação dos valores da superfície, a partir da interpolação das curvas de nível e dos pontos cotados digitalizados, e a partir desta grade foi criada a declividade. A declividade foi atribuída através de percentuais (descritos por LEPSCH, 1991) onde estes percentuais foram atribuídos através de fatiamento, onde se atribui e agrupa locais de faixas específicas de altitude, e das classes de declividade definidas por LEPSCH et al, (1991), criando um PI com as seguintes classes de declividade:

Tabela 2: Classes de declividade atribuídas por LEPSCH et al., 1991.

<i>Classe</i>	<i>Declividade %</i>
<i>A</i>	<2%
<i>B</i>	2 a 5%
<i>C</i>	5 a 10%
<i>D</i>	10 a 15%
<i>E</i>	15 a 45%
<i>F</i>	45 a 70%
<i>G</i>	>70%

3.2) Importação das drenagens

Com o banco de dados e o projeto criados, importaram-se os dados de drenagem, cedidos pelo IGC, como as linhas e polígonos dos rios, os polígonos de lagos e os pontos de nascentes na mesma projeção e retângulo envolvente.



Figura 4 – Fluxograma de importação dos dados de redes de drenagem.

3.3) Geração das Áreas de Proteção Permanentes:

Para a geração das APPs foi utilizado às delimitações segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, onde para gerar os buffers foi considerado:

Tabela 3: Descrição das classes de APPs

Margem dos rios	30 metros
Margem das nascentes	50 metros
Margem dos lagos e represas	30 metros
Declividades	superiores a 45°

A partir destes, foi gerado um mapa de distâncias, com 1 metro por 1 metro, gerando um PI temático de APPs.

3.4 Cobertura da Terra

Para a cobertura atual da Microbacia do Ribeirão Putim, foi utilizada uma imagem QuickBird, de 2007, com resolução espacial de 0,6 metros, por meio de classificação não supervisionada, através de ISOSEG - algoritmo de agrupamento (*clustering*) de dados não supervisionado, aplicado sobre um determinado conjunto de regiões, caracterizadas por seus

atributos estatísticos de média, matriz de covariância e área. Esta classificação foi feita automática, e com pós-edição (edição manual de algumas classes), gerando o mapa de cobertura segundo as classes definidas por Paula et al, (2011).

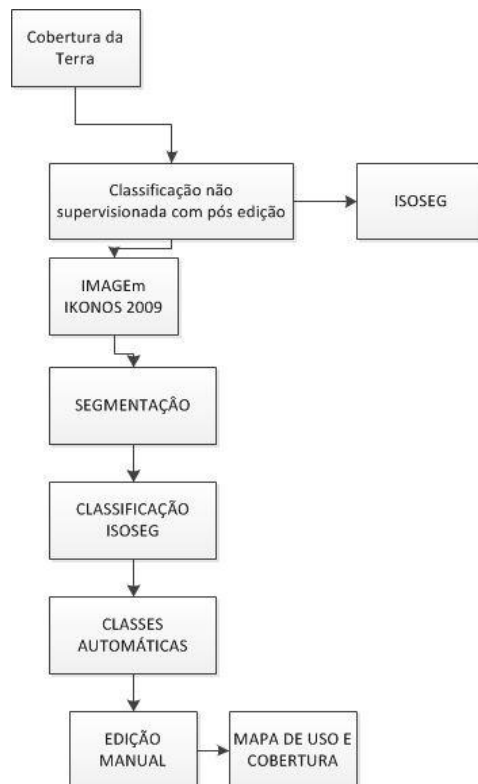


Figura 5 – Fluxograma de geração de mapa de uso e cobertura da terra.

Através da classificação definida por PAULA et al 2011, definiu-se as 6 classes temáticas de cobertura da terra. Seguem abaixo as classes e suas respectivas composições:

- *Classe Água*: representa todas as lâminas d'água visíveis na imagem;
- *Classe Área Consolidada*: representa as áreas com edificações, sejam rodovias, vias, casas, prédios, entre outros;
- *Classe Vegetações Exógenas*: representa as vegetações não nativas, tais como o reflorestamento por eucaliptos e por *pinus*;
- *Classe Terrenos Desocupados*: representa as porções de terras que não possuem cobertura vegetal ou construções;
- *Classe Sucessão Natural*: representa as vegetações nativas em estágio secundário de regeneração espontânea;
- *Classes Nuvens*: representa a presença de um conglomerado expressivo de gotículas de água congeladas, que geram sombra na imagem, impossibilitando a identificação da cobertura da terra de determinados locais.

3.5 Lógica Booleana através de LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico)

Para a criação do mapa de capacidade de uso, através do LEGAL, foi declarado as categorias onde constava cada nome de cada variável a ser utilizada para esta inferência.

Declaração:

A declaração é feita da seguinte forma:

Modelo de dado – Nome da variável – nome da categoria

Exemplo:

Temático APP (“APP”)

As categorias utilizadas nesta declaração foram:

Tabela 4 – Categorias utilizadas para declaração de variáveis

CATEGORIA	MODELO	PLANO DE INFORMAÇÃO
APP	Temático	APP
Carta_Geotecnica	Temático	SOLO
Declividade	Temático	MAPA_DECLIVIDADE_Putim
Cobertura	Temático	COBERTURA_DA_TERRA_2007
Geotecnica	Temático	Carta_Geotecnica
DISSOCIACAO	Temático	Áreas

Instanciação:

Para a instanciação, a criação ou cópia destes planos de informação serão recuperadas, apontando para um plano de informação que será criado. Neste método, foi utilizada a atribuição, colocando os dados resultantes do LEGAL em ÁREAS.

Regras para a instanciação:

"ÁREA I":

Pertencer a (TERRENOS DESOCUPADOS E DECLIVIDADE Classe “A”) OU (“VEGETAÇÕES EXÓGENAS” E DECLIVIDADE “A”)

"ÁREA II"

DECLIVIDADE "B" E COBERTURA "TERRENOS DESOCUPADOS" E APP NÃO "COD_FLORESTAL"

"ÁREA III"

(DECLIVIDADE "C" E COBERTURA NÃO "SUCESSÃO NATURAL" E COBERTURA NÃO "ÁREA CONSOLIDADA" E APP NÃO "COD_FLORESTAL") OU (DECLIVIDADE "C" E COBERTURA NÃO "VEGETAÇÕES EXÓGENAS" E COBERTURA NÃO "ÁREA CONSOLIDADA" E APP NÃO "COD_FLORESTAL")

"ÁREA IV":

(DECLIVIDADE "D" E COBERTURA NÃO "ÁREA CONSOLIDADA" E APP NÃO "COD_FLORESTAL" E COBERTURA NÃO "SUCESSÃO NATURAL") OU (COBERTURA NÃO "VEGETAÇÕES EXÓGENAS")

"ÁREA VI":

(DECLIVIDADE "C" E COBERTURA E "SUCESSÃO NATURAL" E COBERTURA NÃO "ÁREA CONSOLIDADA" E APP NÃO "COD_FLORESTAL") OU (COBERTURA "VEGETAÇÕES EXÓGENAS" E COBERTURA NÃO "ÁREA CONSOLIDADA" E APP NÃO "COD_FLORESTAL")

"ÁREA VII":

DECLIVIDADE "E" E COBERTURA NÃO "ÁREA CONSOLIDADA" E APP NÃO "COD_FLORESTAL"

"ÁREA VIII"

DECLIVIDADE "F" OU DECLIVIDADE "G" OU APP "COD_FLORESTAL" OU GEOTECNIA E "Planície Aluvionar" OU GEOTECNIA E "Aluviao Arenoso"

"ÁREA VIII"

DECLIVIDADE "F" OU DECLIVIDADE "G" OU APP "COD_FLORESTAL" OU GEOTECNIA "Planície Aluvionar" OU GEOTECNIA "Aluviao Arenoso" E COBERTURA NÃO "ÁREA CONSOLIDADA" E APP NÃO "COD_FLORESTAL"

Das regras exemplificadas, e das áreas declaradas, foi gerado um PI de mosaico com todas as classes de capacidade de uso, contando com as áreas consolidadas, que já não se incluem como áreas de manejo. Estas áreas foram feitas segundo a metodologia de LEPSCH, (1991).

A operação booleana que corresponde a uma extensão natural explora relações de comparação e operações lógicas aplicadas a dados associados a cada local de uma área de estudo (CÂMARA et al.; 2003). Estas operações de natureza binária têm como resultados campos obtidos a partir da comparação entre valores locais de outros campos quantitativos e qualitativos, baseada em relações de ordem ou igualdade. Além de comparações toda a riqueza da álgebra Booleana baseada em operações primitivas como E, OU e NÃO também pode se utilizada a fim de caracterizar as mais diversas situações que podem ocorrer em locais de uma área de estudo, com base em grades, imagens e mapas temáticos disponíveis em certa base de dados (CÂMARA et al, 2003).

Uma operação do tipo A E B, onde A e B representam campos Booleanos permite seleciona todos os elementos de intersecção entre A e B; A MENOS B retorna elementos

contidos exclusivamente em A; A **XOU** B retorna todos os elementos contidos em A e B não incluídos na intersecção de A e B (CÂMARA et al.; 2003).

A linguagem LEGAL permite descrever operações locais de comparação e Booleana, mas não oferece um modelo explícito Booleano para representar campos que poderiam resultar de tais operações. Na verdade tais operações são utilizadas como argumentos de outras operações que podem ser Temáticas, Numéricas e de Imagens. Sob o ponto de vista de linguagem expressões booleano são usadas para descrever regiões usadas como argumentos em outras operações (CÂMARA et al.; 2003).

As operações booleanas são usadas junto a operações de atribuição condicional, permitindo assim a caracterização de locais segundo operações alternativas. O critério de escolha entre uma alternativa ou outra resulta da avaliação de uma operação Booleana (CÂMARA et at, 2003). Este pode ser assim descrito em uma programação em LEGAL. O apelo da abordagem Booleana é a sua simplicidade e fácil aplicação, com a combinação lógica de mapas em um SIG (CÂMARA et al., 2003). A seguir, a programação em LEGAL desde a declaração das variáveis, a instanciação e as regras de uma operação Booleana:


```

//
{
//Declaração de variáveis
Tematico APP("APP");
Tematico SOLO("Carta_Geotecnica");
Tematico DECLI("MAPA_DECLIVIDADE_Putim");
Tematico COBER("COBERTURA_DA_TERRA_2007");
Tematico GEOTC("Carta_Geotecnica");
Tematico DISSOCIACAO("AREAS");

//

APP = Recuperar(Nome="MOSAICO_APP");
SOLO = Recuperar(Nome="Geotecnica");
DECLI = Recuperar(Nome="Declividade_Putim");
COBER = Recuperar(Nome="2007");
GEOTC = Recuperar(Nome="Geotecnica");
DISSOCIACAO = Recuperar(Nome="AREAS");
DISSOCIACAO = Atribua(CategoriaFim="AREAS")

{
"ÁREA URBANA":(COBER.Classe=="ÁREA CONSOLIDADA"),

"ÁREA I":(COBER.Classe=="TERRENOS DESOCUPADOS" && DECLI.Classe=="A" ||
COBER.Classe=="VEGETAÇÕES EXÓGENAS" && DECLI.Classe=="A"),

"ÁREA II":(DECLI.Classe=="B" && COBER.Classe=="TERRENOS DESOCUPADOS" &&
APP.Classe!="COD_FLORESTAL"),

"ÁREA III":(DECLI.Classe=="C" && COBER.Classe!="SUCESSÃO NATURAL" && COBER.Classe!="ÁREA
CONSOLIDADA" && APP.Classe!="COD_FLORESTAL") || (DECLI.Classe=="C" &&
COBER.Classe!="VEGETAÇÕES EXÓGENAS" && COBER.Classe!="ÁREA CONSOLIDADA" &&
APP.Classe!="COD_FLORESTAL"),

"ÁREA IV":(DECLI.Classe=="D" && COBER.Classe!="ÁREA CONSOLIDADA" &&
APP.Classe!="COD_FLORESTAL" && COBER.Classe!="SUCESSÃO NATURAL" ||
COBER.Classe!="VEGETAÇÕES EXÓGENAS"),

"ÁREA VI":(DECLI.Classe=="C" && COBER.Classe=="SUCESSÃO NATURAL" && COBER.Classe!="ÁREA
CONSOLIDADA" && APP.Classe!="COD_FLORESTAL") || (COBER.Classe=="VEGETAÇÕES EXÓGENAS"
&& COBER.Classe!="ÁREA CONSOLIDADA" && APP.Classe!="COD_FLORESTAL"),

"ÁREA VII":(DECLI.Classe=="E" && COBER.Classe!="ÁREA CONSOLIDADA" &&
APP.Classe!="COD_FLORESTAL"),

"ÁREA VIII":(DECLI.Classe=="F" || DECLI.Classe=="G" || APP.Classe=="COD_FLORESTAL" ||
GEOTC.Classe=="Planície Aluvionar" || GEOTC.Classe=="Aluviação Arenosa" && COBER.Classe!="ÁREA
CONSOLIDADA" && APP.Classe!="COD_FLORESTAL")

};
}

```

4. Resultados:

4.1 Mapa de declividade

A Microbacia do Ribeirão Putim, através dos dados de declividade, pode-se perceber que esta apresenta relevo acidentado e com presença de declives dentre 15 a 45% em sua maioria. As declividades e o seu enquadramento em classes estão no quadro abaixo:

Tabela 5 - Áreas em hectares das diferentes áreas de declividade

<i>Classe</i>	<i>Área ha</i>	<i>Declividade %</i>
<i>A</i>	1004	<2%
<i>B</i>	545	2 a 5%
<i>C</i>	651	5 a 10%
<i>D</i>	841	10 a 15%
<i>E</i>	1594	15 a 45%
<i>F</i>	227	45 a 70%
<i>G</i>	35	>70%

Percebeu-se também que as áreas com declividade que mais aparecem na microbacia é da classe E, que tem declividade entre 15 a 45%, que tem como característica de áreas fortemente inclinadas, cujo escoamento superficial é muito rápido na maior parte dos solos. Somente as máquinas agrícolas especiais ou mais leves podem ser usadas nessas áreas, e mesmo assim com grande dificuldade (LEPSCH et al., 1991).

A segunda classe que mais aparece na microbacia é a classe A, que tem declividade < 2%, com 1004 hectares, e corresponde a áreas planas, onde o escoamento superficial ou enxurrada (deflúvio) é muito lento ou lento. O declive do terreno, por isso, não oferece nenhuma dificuldade ao uso de máquinas agrícolas, segundo Lepsch et al, (1991) e não existe também erosão hídrica significativa, exceto, possivelmente, em vertentes cujas rampas sejam muito longas e com solos altamente suscetíveis à erosão ou quando recebam enxurradas de áreas vizinhas situadas à montante e mais declivosas.

A terceira classe que mais se apresenta na região é a classe D, que tem declividade entre 10 a 15%, e 841 ha, e que compreende áreas muito inclinadas ou colinosas, onde o escoamento superficial é rápido na maior parte dos solos. A não ser que os declives sejam muito complexos, a maior parte das máquinas agrícolas pode ser usada, mas com

dificuldades. Solos desta classe são facilmente erodíveis, exceto aqueles muito permeáveis e não muito arenosos, como alguns latossolos. Normalmente áreas com esse tipo de declive só devem ser usadas para cultivos perenes, pastagens ou reflorestamentos.

A quarta classe que mais se apresenta é a C, que tem declividade entre 5 a 10%, com 651 ha da área estudada, e são áreas com superfícies inclinadas, geralmente com relevo ondulado, nas quais o escoamento superficial, para a maior parte dos solos, é médio ou rápido. O declive, por si só, normalmente não prejudica o uso de máquinas agrícolas. Em alguns casos, a erosão hídrica oferece poucos problemas ou então pode ser controlada com práticas simples; na maior parte das vezes, no entanto, práticas complexas de conservação do solo são necessárias, para que terras com esse declive possam ser cultivadas intensivamente.

A quinta classe que mais aparece na microbacia é a classe B, que tem declividade entre 2 a 5 %, e contem 545 ha da área. Compreende áreas com declives suaves, nos quais, na maior parte dos solos, o escoamento superficial é lento ou médio. Os declives, por si só, não impedem ou dificultam o trabalho de qualquer tipo de máquina agrícola mais usual. Em alguns tipos de solo com esses declives, a erosão hídrica não oferece nenhum problema, segundo os parâmetros estabelecidos por Lepsch et al, (1991); em muitos deles, práticas simples de conservação são necessárias, enquanto em solos muito erodíveis e com comprimentos de rampa muito longos, proteções com práticas complexas podem ser necessárias, tais como sistema de terraços e faixas de retenção.

A sexta classe que mais se apresenta nesta microbacia é a classe F, que tem declividade entre 45 a 70% e compreende em 227 ha da área. São áreas íngremes, de regiões montanhosas, onde praticamente nenhum tipo de máquina agrícola pode trafegar. O escoamento superficial é sempre muito rápido e os solos, extremamente suscetíveis à erosão hídrica.

A última classe a ser representada, e quase não é significativa é a classe G, que tem declividades de > 70%, com apenas 35 ha da área da microbacia. São áreas de relevo escarpado ou muito íngreme, onde normalmente nenhum solo se desenvolve ou só existem solos muito rasos (litossolos), geralmente em associação com exposições rochosas.

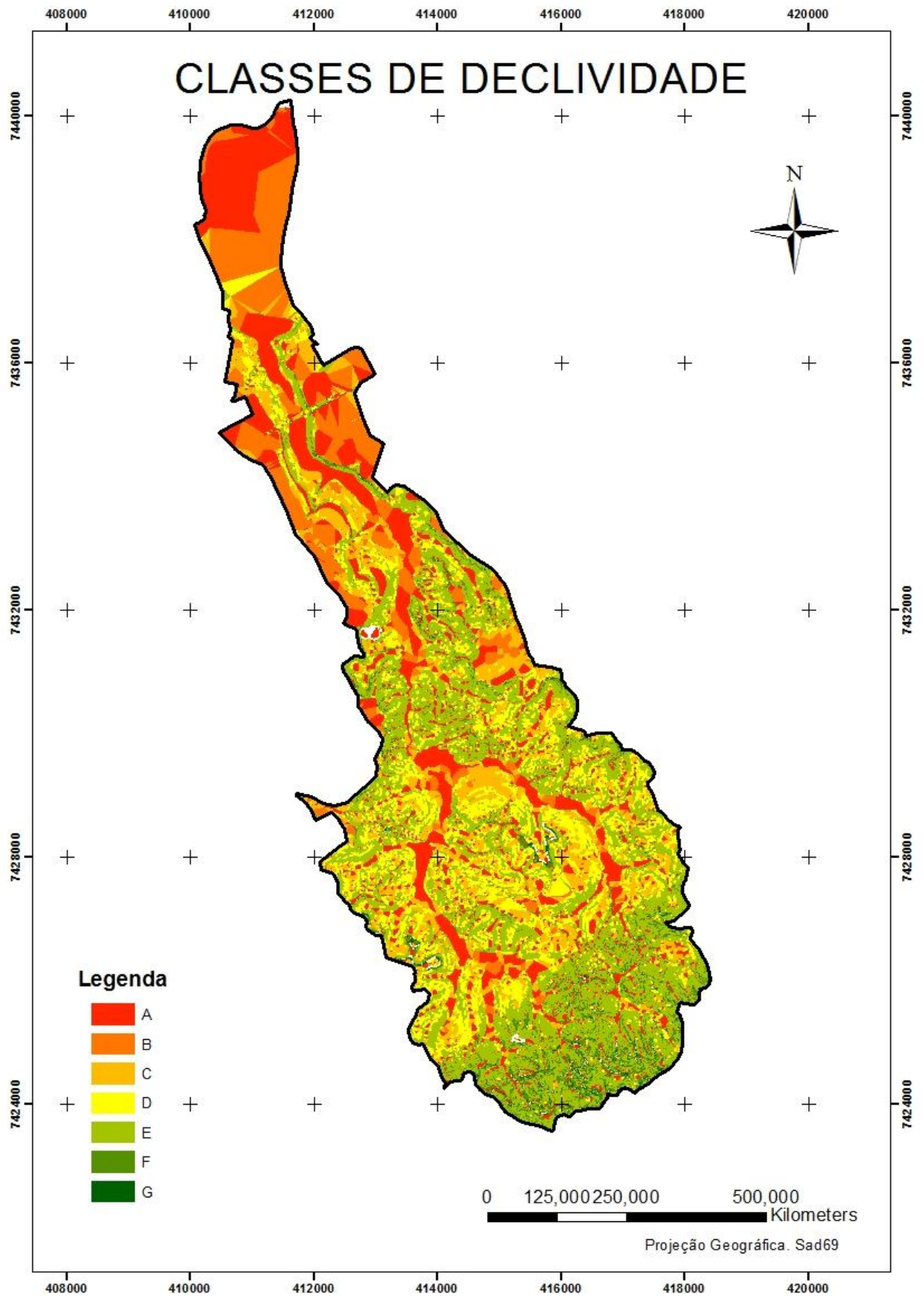


Figura 6 - Mapa gerado a partir das classes de declividade

4.2 Mapas de drenagem:

Com o uso dos *shapes* de drenagem cedidos pelo IGC, obtivemos o mapa de drenagem, onde se pode inferir as áreas de susceptibilidade e de Proteção Permanente. Pode-se verificar o grande número de nascentes e toda a drenagem da Microbacia.

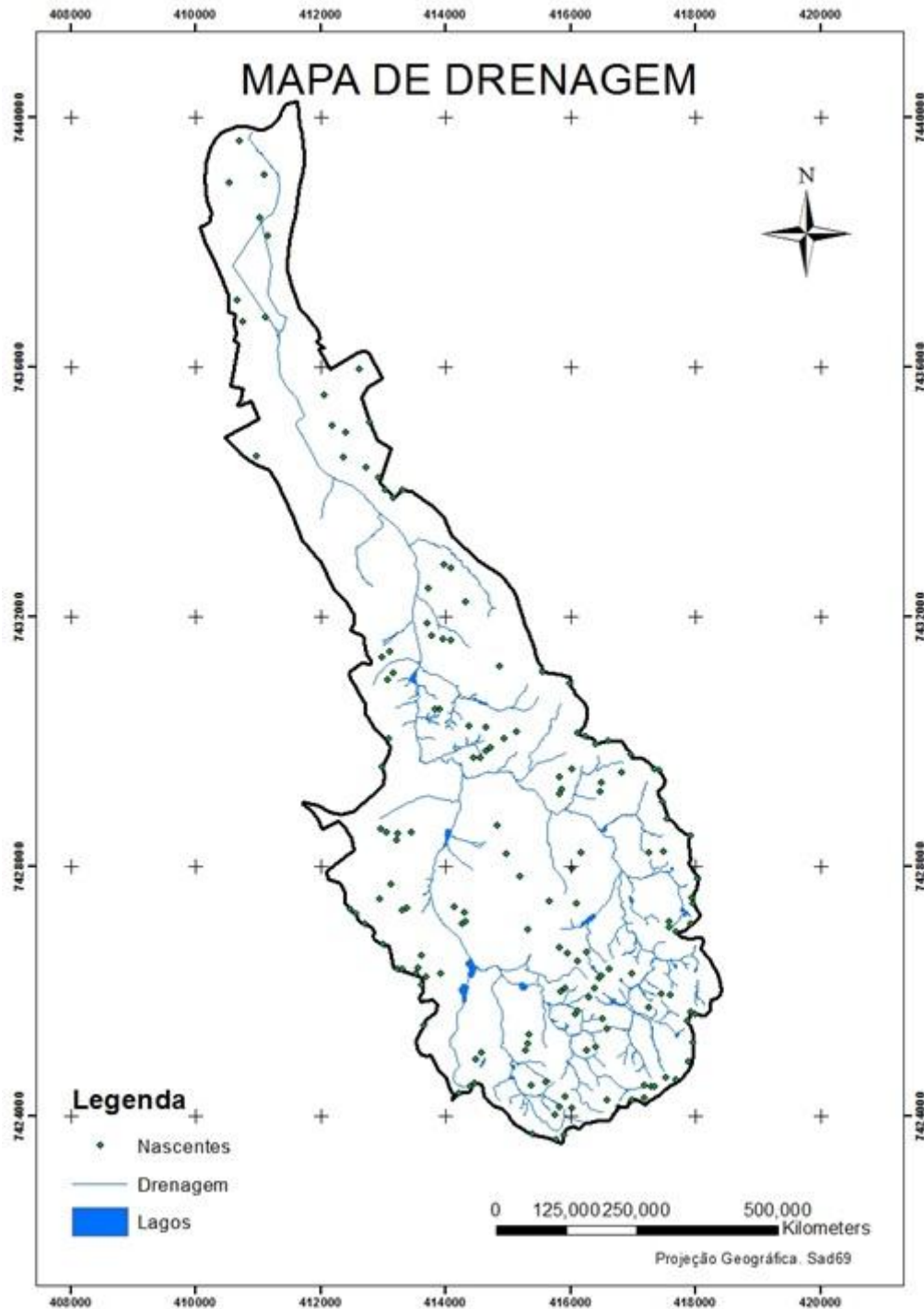


Figura 7- Mapa de drenagem, mostrando as nascentes, rios e lagos

4.3 Mapas de APPs

Através da criação dos buffers, de acordo com as leis do código do CONAMA, onde se considera que as Áreas de Preservação Permanente e outros espaços territoriais especialmente protegidos, como instrumento de relevante interesse ambiental, e que integram o desenvolvimento sustentável, objetivo das presentes e futuras gerações. Considerando a função ambiental das Áreas de Preservação Permanente 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; em seu artigo primeiro que se deve manter a área marginal ao redor destes reservatórios artificiais e suas ilhas.

Para o procedimento deste trabalho, foram geradas as áreas de APPs na forma de que estas por serem áreas protegidas, não pertencessem a áreas de capacidade de uso de solo. Os mapas a seguir servem para ilustrar as áreas que foram desconsideradas na geração do mapa de capacidade de uso do solo. Nestes pode-se observar um número satisfatório de áreas que não pertencem ao manejo, na região da Microbacia do Ribeirão Putim.

APP's MARGENS DE RIOS

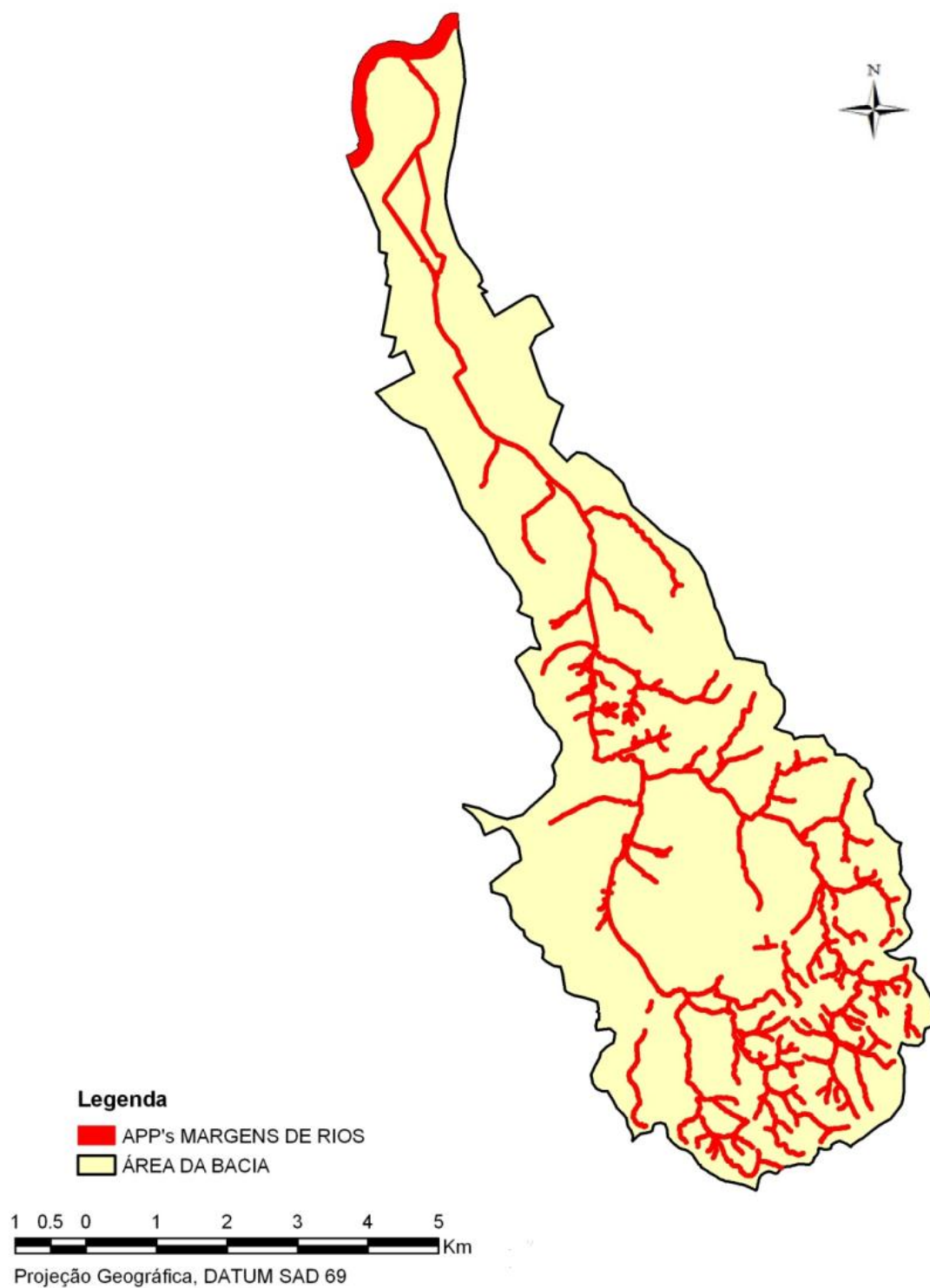


Figura 8 - mapa de APPs margens de rios

APP's MARGENS DE LAGOS E DE PEQUENAS REPRESAS

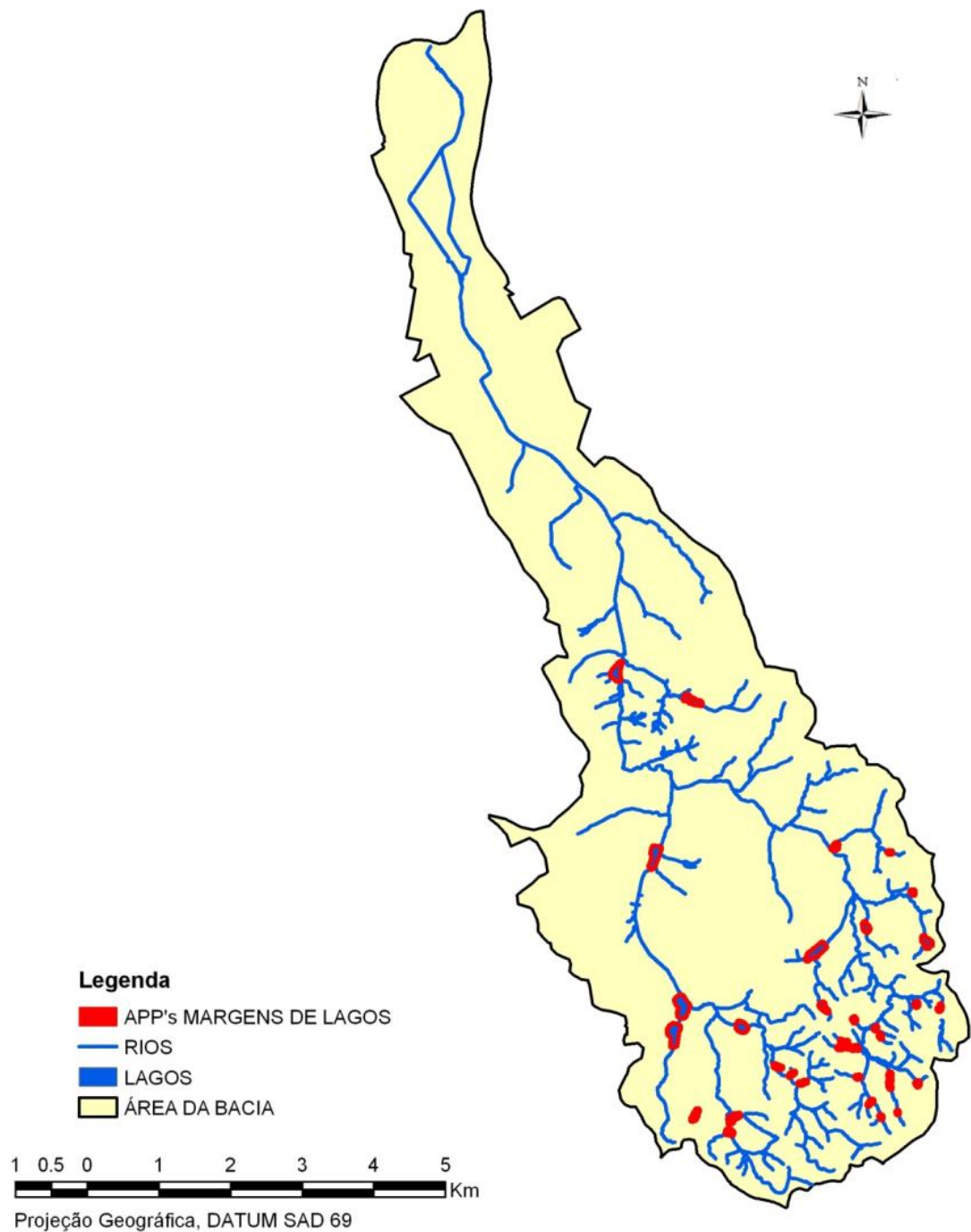


Figura 9 - MAPA DE APP's MARGENS DE LAGOS E DE PEQUENAS REPRESAS

APP's EM FUNÇÃO DA DECLIVIDADE

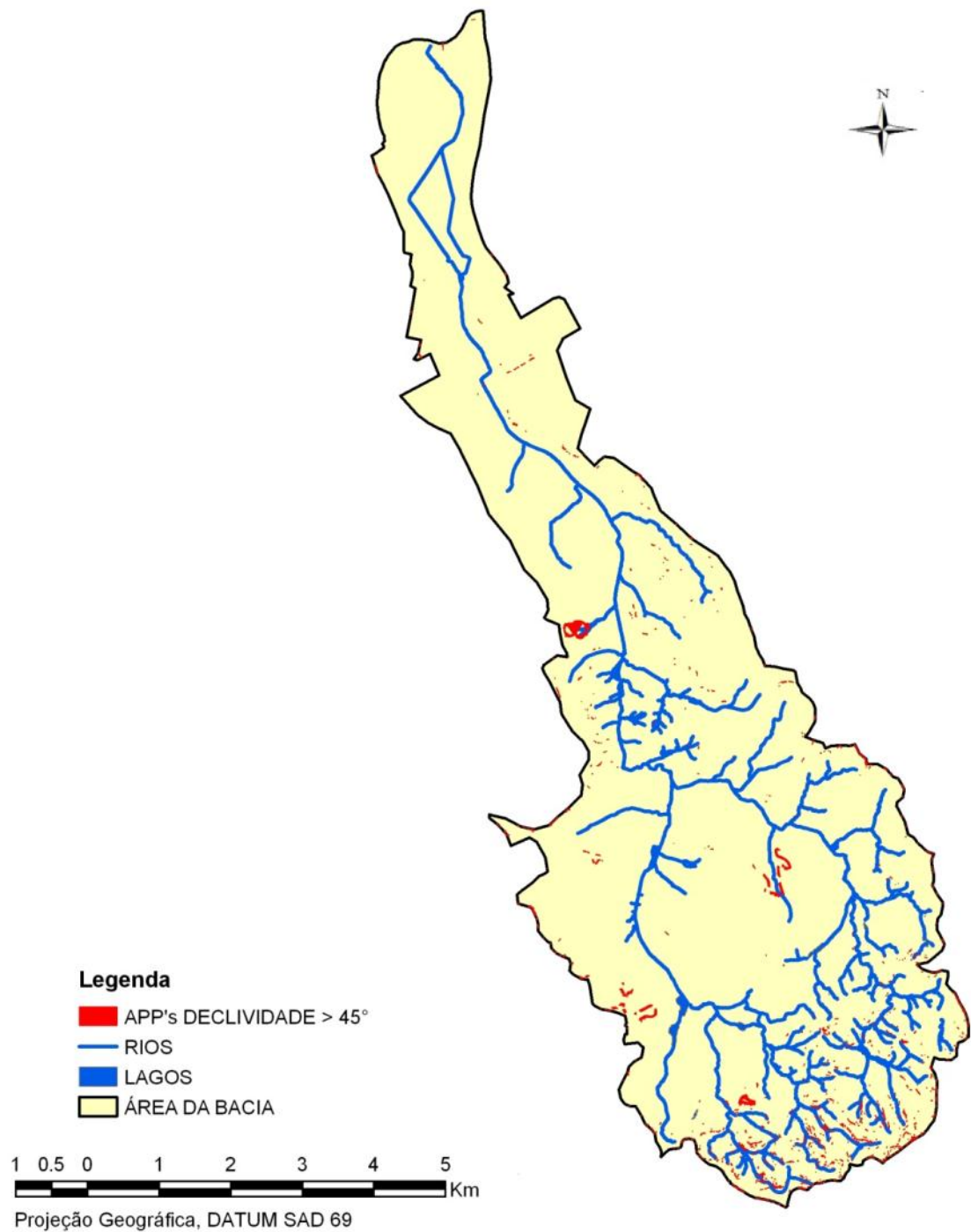


Figura 10 - MAPA DE APPs DECLIVIDADE SUPERIORES A 45°

APP's NASCENTES

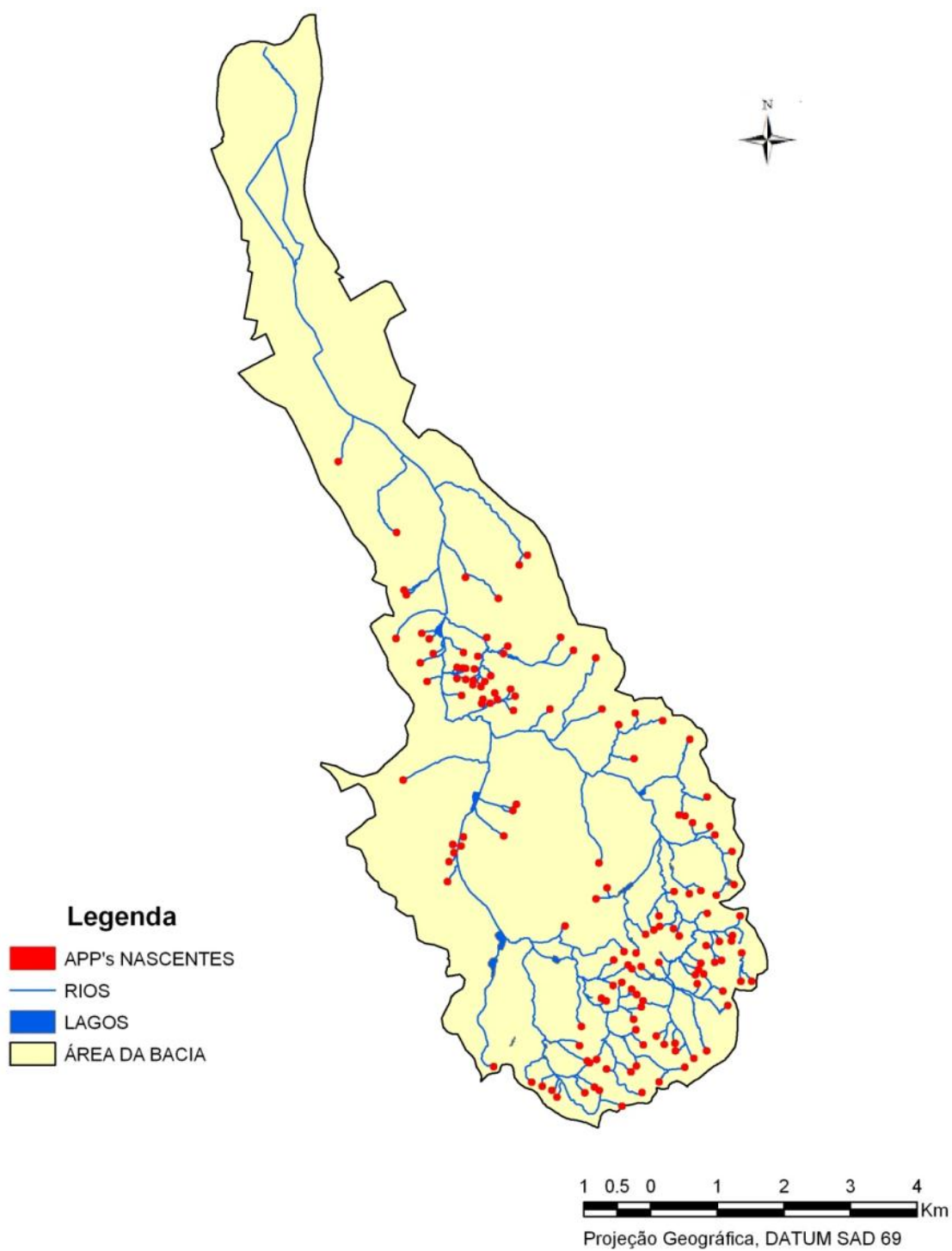


Figura 11 - MAPA DE APPs NASCENTES

4.4 Mapa de uso e cobertura da Terra

Com a criação das áreas de uso e cobertura do solo, pode-se observar que aproximadamente 77% (38,48Km²) da microbacia são representados por terrenos desocupados. Nessas áreas estão inseridas chácaras de recreio, sítios e pequenas fazendas. Já as localidades de sucessão natural possuem fragmentos de vegetação nativa em estágio inicial de regeneração, e representam 5,08% (2,54 Km²) da área de estudo.

Os reflorestamentos de vegetação exógena são pequenos e correspondem a 1,14% (0,57 Km²) da Microbacia. Apesar da maior parte da bacia estar inserida em perímetro urbano, somente cerca de 15,6% (7,8Km²) de toda a área está coberta por edificações (áreas consolidadas). O mapeamento para o ano de 2007 não foi prejudicado por condições meteorológicas, pois apenas 0,98Km² (0,49%) da microbacia estava encoberta por nuvens. Os usos atuais da microbacia estão dispostas na tabela abaixo:

Tabela 6 - Proporção das áreas de uso atual em hectares

Uso Atual	Área (ha)
Área Urbana	748
Sucessão Natural	254
Terrenos desocupados	3817
Florestas Comerciais	40
Água	16

MAPA DE COBERTURA DA TERRA

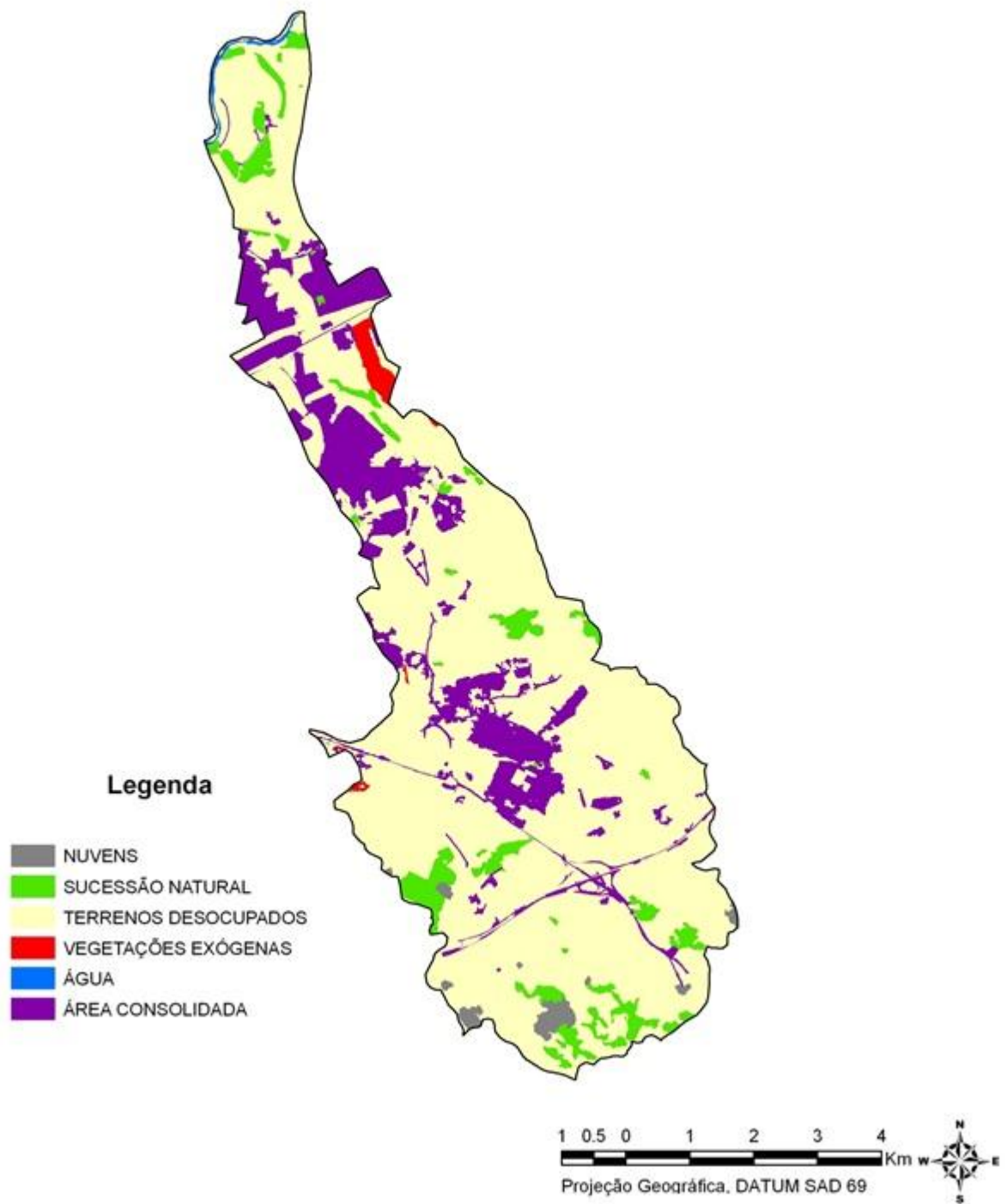


Figura 12 - Mapa de uso e cobertura da Microbacia do Ribeirão Putim

4.5 Mapa de classificação de terras no sistema de capacidade de uso atual:

Seguindo as regras e a metodologia de Lepsch, (1991) pode-se obter através de inferência o mapa de classificação de terras no sistema de capacidade de uso atual. A área consolidada de pouco afeta o manejo na região, por representar uma pequena parcela na Microbacia. Verificamos também que as áreas de preservação permanente também, apesar de tem uma enorme importância para a área, são pouco expressivas nesta classificação.

As classes que melhor representam a área são as classes VII e VIII, que correspondem a áreas mais adaptáveis a pastagens ou reflorestamento, com alguns problemas complexos de preservação e impróprias para cultura, pastagem e reflorestamento, podendo servir apenas como abrigo e proteção da fauna e flora silvestre, como ambiente para recreação, ou para fins de armazenamento da água.

As classes I e II aparecem mais ao norte da Microbacia, região onde temos o maior número de nascentes e pertencem a uma região de declive menos acentuado, com declividade menor compreendendo em uma área para terras cultiváveis, aparentemente sem problemas especiais de conservação, ou com problemas simples de conservação e/ou de manutenção de melhoramentos. As terras são passíveis de utilização de culturas anuais, perenes, pastagens e/ou reflorestamento e vida silvestre.

As classes IV e VI aparecem em alguns pequenos pontos e áreas não muito detalhados, e estas podem ser cultiváveis apenas ocasionalmente ou em extensão limitada, com sérios problemas de conservação ou adaptadas a pastagens e/ou reflorestamento, podendo ser cultiváveis apenas em casos especiais de algumas culturas permanentes protetoras do solo.

As classes III e V não tem representatividade na região, que são áreas mais susceptíveis a serem impróprias a cultivos mais intensos.

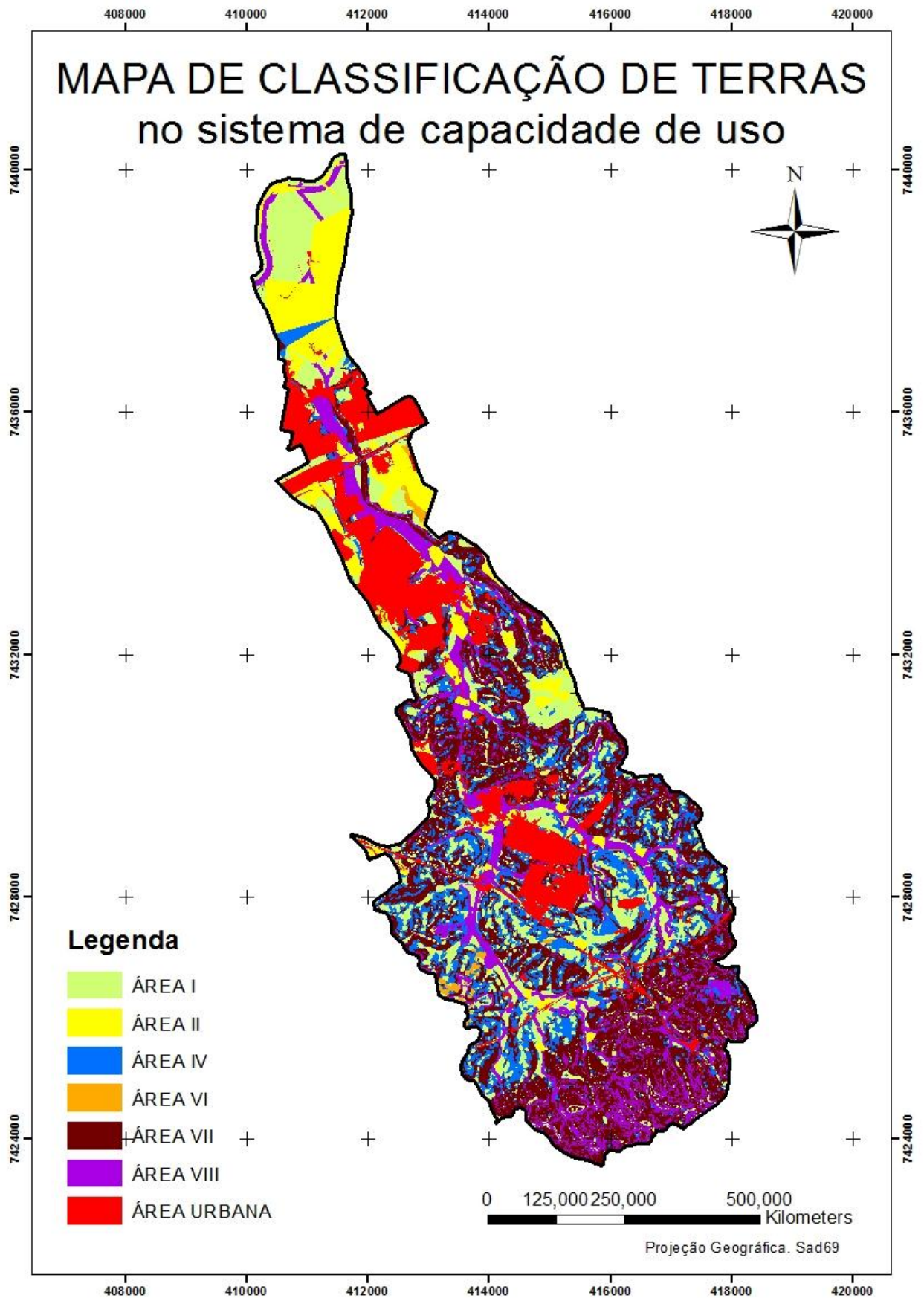


Figura 13 - Mapa de classificação de terras no sistema de capacidade de uso

5. Conclusões e discussões

Através da determinação das classes de capacidade de uso do solo para cada área da Microbacia do Ribeirão Putim pode-se verificar como as propriedades dos diferentes tipos de solo, juntamente com sua declividade são determinantes na qualificação da classe de capacidade de uso do solo. Tal fato evidencia a importância do levantamento do meio físico, pois permite demonstrar a heterogeneidade existente nas diferentes áreas da Microbacia através destas classes determinadas.

Segundo Lepsch, 1991, na Microbacia estudada, podemos perceber que tanto a classe II que solos cultiváveis com problema simples de conservação ou com problema complexo de conservação, podem ser utilizados com culturas anuais, quando estes não são alterados por áreas consolidadas ou supressão vegetal. A classe IV que pode apresentar-se com sérios problemas de conservação, pode ser utilizada algumas culturas perenes, classe V cultiváveis com culturas perenes, adaptadas em geral para pastagens ou reflorestamento e VII direcionadas para reflorestamento.

Pode-se perceber isso também nas unidades VIIe com classe VII e com limitações relacionadas ao solo (s) e erosão (e), ou seja, pode haver ocorrência de solo raso, com permeabilidade pobre e com erosão do tipo ligeira.

Com a determinação das classes de capacidade de uso a partir das características limitantes que são determinantes no enquadramento da classe correspondente, obtiveram-se as seguintes subclasses na propriedade em questão: IIe, IVe, IVe , as quais são oriundas da avaliação das fórmulas segundo Lepsch et al. (1991), que leva em consideração o(s) fator (es) mais limitantes. Não obstante, modificações no uso da capacidade de uso são em associação com a necessidade de suprir a reserva legal.

Alguns trabalhos realizados, como o de Franandes et al. (2008), que utilizou as classes de capacidade de uso como ferramenta no parcelamento de áreas para fins de reforma agrária, demonstrando a eficiência do uso deste sistema de classificação, independente da situação. A aplicação em apenas uma propriedade rural ou em grandes áreas com aquelas utilizadas para reforma agrária destaca-se a divisão criteriosa das áreas, sem prejudicar sustentabilidade econômica da área e a conservação do solo. Desta maneira, ressalta-se a necessidade de modificações na propriedade baseado no uso máximo permitido para cada área, ou seja, estabelecer o manejo sustentável do solo da Microbacia, visto que há regiões sendo utilizadas de maneira inadequada.

Resultados similares foram observados por Gibozhi et al. (2006) em trabalho com sistema de suporte a decisão para recomendação de uso e manejo da terra no município de Santo Antônio do Jardim - SP, integrando informações georreferenciadas. Segundo os autores, o sistema permite detectar áreas de conflito entre uso atual e capacidade de uso facilitando a decisão para recomendações de uso e manejo da terra. Tal fato demonstra a necessidade de avaliar a capacidade de uso do solo tanto em município quanto em média propriedade, pois permite organizar o manejo adequado das áreas rurais com sustentabilidade.

É recomendável, no entanto, a divisão da área de culturas anuais em duas partes, visto que, segundo Rampim (2012), dentro das diretrizes do manejo conservacionista com culturas anuais é indispensável à implantação de rotação de culturas para um manejo sustentável da área. Com isto o proprietário poderá adotar um sistema de rotação de culturas mais eficiente em substituição a atual sucessão de soja no verão e trigo no inverno, ou seja, propõem-se a rotação de trigo/soja/aveia/milho e canola/milho/trigo/soja.

Durante a condução de uma propriedade com manejo conservacionista visando sustentabilidade, através da utilização de rotação de culturas, sistema de semeadura direta atrelada à capacidade de uso do solo é necessário realizar avaliações periódicas para avaliar qual o comportamento das propriedades físicas e químicas do solo. Observa-se também, de acordo com Rampin (2012), que a substituição da pastagem por espécies nativas nos 30 metros à margem do corpo d'água permitirá a preservação da água, solo, fauna e flora no contexto do manejo conservacionista.

A cobertura vegetal proporcionada pelo reflorestamento das áreas com menor capacidade de uso oferece condições para a manutenção de espécies nativas da fauna e flora conforme Franandes et al. (2008), além de propiciar um aumento na infiltração de água no solo e redução da erosão segundo Bertolini e Lombardi Neto (1994). Assim, a utilização de áreas com níveis aceitáveis dos fatores limitantes, faz com que fatores climáticos, como a ocorrência de estiagem, sejam minimizados (RAMPIN et al; 2012).

Também se faz necessário considerar o clima no momento da escolha de espécies e cultivares, na implantação de cultura e durante o manejo para a continuidade do cultivo dentro das classes de capacidade de uso do solo. Assim, mesmo em condição ideal de uso do solo o manejo adequado assim como o clima é relevante, por outro lado, em condições inadequadas de cultivo (RAMPIN et al.; 2012).

As áreas de maior declividade são as que apresentam maior limitação para exploração agrícola, devido à presença marcante de processos erosivos (voçorocas), indicando

a necessidade de implantação de um projeto de recuperação nessas áreas. Na área podem-se plantar culturas permanentes tais como café, frutas cítricas, banana, reflorestamento e outros. Estas culturas fornecem uma melhor estabilidade local e uma diminuição dos processos de depauperamento do solo e erodibilidade (RAMPIN et al.; 2012). A alternativa mais viável é o reflorestamento por plantio de espécies nativas aptas para áreas constantemente inundadas, respeitando as normas da Resolução da Secretaria de Meio Ambiente nº8, de 31-1-2008.

A classificação da capacidade de uso não é um grupamento de acordo com o uso econômico da terra ou obrigatoriamente com seu valor de aquisição. Contudo, as classes apresentam um ordenamento decrescente das possibilidades dos aproveitamentos mais intensivos da terra, sem risco de depauperamento intensivo do solo e, por isso, em uma mesma região de idênticas condições de localização, a terra cuja capacidade de uso permite possibilidade de aproveitamento mais intensivo e que propicia ao proprietário maior liberdade de escolha de uso, tem, geralmente, mais valor.

O uso econômico depende das características socioeconômicas, culturais e da tecnologia agrícolas adotada nas diversas regiões e, assim, muitas terras da classe IV, adequadas para vários usos, inclusive para cultivos anuais, podem ser mais economicamente utilizadas para pastagens ou reflorestamento, do que para cultivos intensivos. Da mesma forma, terras da classe IV, mas altamente produtivas para culturas perenes (café, por exemplo), podem ter maior preço de compra e venda que terras das classes III ou II, na mesma região, mas menos produtivas (PAULA et al.; 2011).

Do ponto de vista conceitual, os modelos de processos ambientais no contexto de SIG, podem ser descritos como a combinação de um conjunto de dados de entrada através de uma função, produzindo um novo dado de saída (CÂMARA et al., 2003). Se utilizarmos modelos baseados em conhecimento, dispomos de um conjunto de informação de entrada e uma metodologia que nos permitiu descobrir localizações ou zonas que satisfaçam um conjunto de critérios. Se o critério é definido segundo regras determinísticas, o modelo consiste em aplicar operadores de lógica booleana em um conjunto de dados (mapas) de entrada. O dado de saída é um mapa binários onde cada ponto no mapa, satisfaz ou não as condições do modelo (CÂMARA et al.; 2003). Esta técnica também é vista como ocorrência aditiva na qual os mapas binários são simplesmente sobrepostos, e as áreas de maior potencialidade à ocorrência são aquelas que apresentam o maior número de intersecção de evidências favoráveis definidas pelo modelo (CÂMARA et al.; 2003).

O fato de utilizarmos estas ferramentas para elaboração deste levantamento nos mostra que as geotecnologias agregam e proporcionam uma facilitação e uma rápida visualização das classes, se tivermos os dados necessários para a elaboração deste exercício. A facilitação e a inclusão das inferências, como a utilizada - a operação booleana nos permite uma decisão das zonas ou regiões e atribuindo combinações simplificadas de outras classes, auxiliando na determinação das classes da terra no sistema de capacidade de uso. A utilização das operações booleanas foi de grande valia, pois este gera dados em formato temática sendo sua potencialidade expressa espacialmente em forma de polígonos que representam classes entre favoráveis e não favoráveis, como determinado na metodologia de LEPSCH, (1991).

Outro modo de executar esse trabalho, para efeito comparativo da criação das classes, poderia ser acrescido uma inferência de superfície contínua, através de técnica fuzzy, para suavizar e diferenciar o tamanho das classes geradas, mas estes geram dados de em formato numérico, que para a geração das classes e zonas fechadas, como uma gleba, uma propriedade rural, ficaria engessados, não dando tanto assertividade como as operações geradas nesse relatório.

6. Referências Bibliográficas

BRASIL. Medida Provisória 2166-67, de 24 de agosto de 2001. Altera os arts. 1o, 4o, 14, 16 e 44, e acresce dispositivos à Lei no 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal, bem como altera o art. 10 da Lei no 9.393, de 19 de dezembro de 1996, que dispõe sobre o Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural - ITR, e dá outras providências. In: BRASIL. Presidência da República. **Presidência da República Federativa do Brasil: legislação.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/MPV/2166-67.htm>. Acesso em: 4 maio. 2012. Publicada no D.O.U. De 25 ago 2001 - Edição extra.

BRASIL. Resolução n. 302, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente e de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. **Diário Oficial.** n. 90, seção 1, maio 2002.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A.M.V. (Ed.) **Introdução à ciência da geoinformação.** São José dos Campos: INPE, 2001. <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>

COSTA, A. S. da. **Levantamento Da Capacidade De Uso Da Terra Na Fazenda Afluente Do Quipauá, Em Ouro Branco (RN) 2009.** Monografia (Graduação) Curso Engenharia Florestal. CSTR/UFCG, Patos-PB, 2009.

FRANANDES, L. A.; LOPES, P. S. do N.; D ÂNGELO, S.; DAYRELL, C. A.; SAMPAIO, R. A. **Relação entre o conhecimento local, atributos químicos e físicos do solo e uso das terras.** Revista Brasileira de Ciências do Solo: Viçosa, v. 32, n. 3, p. 1355-1365, 2008.

GIBOSHI, M. L.; RODRIGUES, L. H. A.; LOMBARDI NETO, F. **Sistema de suporte à decisão para recomendação de uso e manejo da terra.** Revista brasileira engenharia agrícola e ambiental, Campina Grande, v. 10, n. 4, Dec. 2006. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141543662006000400012&lng=en&nrm=iso>. Access on 11 June 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662006000400012>

GIBOSHI, M. L. **Desenvolvimento de um sistema especialista para determinar a capacidade de uso da terra.** Campinas, SP: [s.n.], 1999.

LEPSCH, I.F.; BELLINAZZI Jr., R.; BERTOLINI, D.; Espíndola, C.R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso.** 4a Aproximação. 2. ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991.175p.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. e MONTEIRO, A. M. V. (Ed.). **Introdução à Ciência da Geoinformação.** São José dos Campos: INPE, 2003. P.6-1 a 6-32. www.dpi.inpe.br/gilberto/introd/index.html

NANNI, M.R.; NEIRO, E. S., NUNES, E.S.; COMUNELLO, E.; DEMATTÊ, J.A.M. **Estabelecimento da Capacidade de uso das terras como subsídio para o Zoneamento Ecológico-Econômico da Área de Proteção Ambiental Federal das ilhas e várzeas do Rio Paraná.** Revista de Ciências Agro-Ambientais, Alta Floresta, v.3, p.1-14, 2005.

PAULA, de; SANTOS, T.B.; FÁRIA, D.P. **Diagnóstico ambiental de áreas de preservação permanente na Microbacia do Ribeirão Putim,** Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.1373 2011.

PRUSKI, F. F. **Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica.** Viçosa - MG: Ed. UFV, 2006.

SILVA, A. M. da; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. de. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas.** São Carlos – SP: Rima 2003, 2004.

SOARES, A. F. **Utilização de interpoladores na geração de grades do Spring para elaboração de modelos numéricos de terreno utilizando dados de fertilidade do Solo.** EMBRAPA Informática Agropecuária. Comunicado técnico nº 4. 2001.7p.

SOARES, V. P.; MOREIRA, A.A., RIBEIRO, C.A.A.S., GLERIANI, J.M., JUNIOR, J.G.; **Mapeamento de áreas de preservação permanentes e identificação dos conflitos legais de uso da terra na Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bartolomeu – MG.** Revista Árvore, Viçosa-MG, v.35, n.3, p.555-563, 2011.