



Universidade Estadual Paulista  
"Júlio de Mesquita Filho"  
Programa Interunidades

unesp 

Mestrado

---

## Engenharia Civil e Ambiental

**MARCOS HENRIQUE DA SILVA**

**CLASSES DE CAPACIDADE DE USO DO SOLO DA BACIA  
HIDROGRÁFICA DA SERRA DA MANTIQUEIRA – UGRHI 1**



Bauru  
2014

**MARCOS HENRIQUE DA SILVA**

**CLASSES DE CAPACIDADE DE USO DO SOLO DA BACIA  
HIDROGRÁFICA DA SERRA DA MANTIQUEIRA – UGRHI 1**

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Área de Concentração Saneamento.

Orientador: Prof. Dr. João Andrade de Carvalho Junior

Co-Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Isabel Cristina de Barros Trannin

Bauru  
2014



Silva, Marcos Henrique da.

Classes de capacidade de uso do solo da bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira - UGRHI 1 / Marcos Henrique da Silva, 2014

69 f. : il.

Orientador: João Andrade de Carvalho Junior

Co-orientadora: Isabel Cristina de Barros Trannin

Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2014

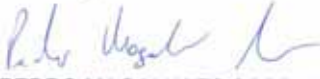
1. Manejo sustentável. 2. Planejamento Ambiental. 3. SIG. 4. Bacias hidrográficas. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia. II. Título.

**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE MARCOS HENRIQUE DA SILVA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL, DO(A) FACULDADE DE ENGENHARIA DE BAURU.**

Aos 04 dias do mês de julho do ano de 2014, às 09:00 horas, no(a) SALA DE VIDEOCONFERÊNCIA DA FACULDADE DE ENGENHARIA DE GUARATINGUETÁ, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. JOAO ANDRADE DE CARVALHO JR do(a) Departamento de Energia / Faculdade de Engenharia de Guaratingueta, Prof. Dr. PEDRO MAGALHAES SOBRINHO do(a) Departamento de Energia / Faculdade de Engenharia de Guaratingueta, Prof. Dr. PAULO FORTES NETO do(a) Departamento de Ciências Agrárias / Universidade de Taubaté, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de MARCOS HENRIQUE DA SILVA, intitulado "CLASSES DE CAPACIDADE DE USO DO SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DA SERRA DA MANTIQUEIRA - UGRHI 1". Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.



Prof. Dr. JOAO ANDRADE DE CARVALHO JR



Prof. Dr. PEDRO MAGALHAES SOBRINHO



Prof. Dr. PAULO FORTES NETO

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela dádiva da vida!

À Professora Isabel Trannin pela paciência, apoio, dedicação, confiança, amizade e pelo aprendizado adquirido neste estudo.

Ao Professor Celso Catelani pela cooperação, suporte e apoio.

Ao Professor João Andrade pelo apoio.

Aos Professores Paulo Fortes Neto e Pedro Magalhães Sobrinho pelas valiosas sugestões e contribuições a este trabalho.

À amiga Vanessa Villalta, pela amizade, suporte, apoio e pelas conquistas adquiridas ao longo dessa trajetória.

Ao amigo Rafael Ivens e família, pelo suporte, apoio e incentivo.

À minha família, aos meus amigos e a toda a equipe do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental.

*ESPEREI com paciência no SENHOR, e ele se inclinou para mim, e ouviu o meu clamor.*

*Tirou-me dum lago horrível, dum charco de lodo, pôs os meus pés sobre uma rocha, firmou os meus passos.*

(Salmo, 40:1-2)

## RESUMO

No Brasil, geralmente, o uso e a ocupação do solo são realizados sem a avaliação prévia dos potenciais impactos aos recursos naturais e sem considerar as classes de capacidade de uso do solo. Assim, a delimitação das áreas de preservação permanente (APPs) e a identificação das classes de capacidade de uso do solo de uma bacia hidrográfica, são importantes para a preservação dos recursos naturais e dos seres vivos que compõem este ecossistema. Este estudo teve como objetivo, mapear, identificar e avaliar as atividades desenvolvidas atualmente na bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira – UGRHI 1, por meio do Sistema de Informação Geográfica (SIG), considerando as classes de capacidade de uso do solo da bacia, que compreende os municípios de Campos do Jordão, Santo Antônio do Pinhal e São Bento do Sapucaí para propor manejo adequado e, se necessário, medidas de intervenção, em especial, em APPs hídricas e de declividade, em atendimento ao que estabelece o Código Florestal, instituído pela Lei nº 12.651/2012. Foram empregadas técnicas de geoprocessamento, utilizando-se o software ArcGIS® versão 10.1 e SPRING versão 5.0, do Sistema de informações Geográficas (SIG), que possibilitou a avaliação dos mapas da rede de drenagem, pedológico, de declividade e de uso e ocupação do solo para a delimitação das áreas de preservação permanente (APPs) e das classes de capacidade de uso do solo. Nesta avaliação também foram realizados levantamentos de campo e análise química e física das principais classes de solos sob os diferentes tipos de uso adotados nesta bacia. Após a delimitação das APPs hídricas e de declividade foi elaborado um mapa de conflito do uso atual com o que estabelece o código Florestal. Verificou-se que as APPs cobrem 100,30 km<sup>2</sup>, que correspondem a 14,84% da área total desta bacia, dos quais 14,74% são APPs hídricas e 0,10% são APPs de declividade. Cerca de 43,97 km<sup>2</sup> da área das APPs são utilizados com atividades que não atendem ao Código Florestal, dos quais 71,54% são ocupados por pastagens. Estas informações são imprescindíveis para subsidiar as políticas públicas em projetos e ações de intervenção visando o uso do solo de forma sustentável.

**PALAVRAS-CHAVE:** Manejo Sustentável, Planejamento Ambiental, SIG, Bacias Hidrográficas.

## ABSTRACT

In Brazil, in general, land and use occupation are conducted without prior assessment of potential impacts to natural resources without considering the classes of land use capability. Thus, the definition of permanent preservation areas (APPs) and the identification of classes of land use capacity of a watershed are important for the conservation of natural resources and ecosystems that make up these living beings. This study aims, to map, identify and evaluate the ongoing activity in the watershed of the Serra da Mantiqueira, through Geographic Information System (GIS), considering the classes of land use capacity of the basin, comprising the municipalities of Campos do Jordão, Santo Antonio do Pinhal and São Bento do Sapucaí, to propose appropriate management and, if necessary, intervention measures, in particular in water APPs and slope, in compliance with the Code establishing Forest, established by Law No. 12.651/2012. Geoprocessing techniques were employed, using ArcGIS® version 10.1 and SPRING version 5.0, the Geographic Information System (GIS), which allowed the evaluation of maps of the drainage network, pedological, slope and soil use and occupation for defining software the permanent preservation areas (APPs) and the classes of land use capability. This assessment field surveys and chemical and physical analysis of major classes of soils under different use types adopted in this basin were also performed. After the delimitation of water APPs and slope a map of the current use of conflict with the terms of the Forestry Code was drafted. It was found that APPs cover 100.30 km<sup>2</sup>, corresponding to 14.84% of the total area of the basin, of which 14.74% are hydro APPs and APPs are 0.10% slope. About 43.97 km<sup>2</sup> areas of APPs are used with activities that do not meet the Forest Code and this, 71.54% are occupied by pastures. This information is essential to support public policies in projects and Interventions aimed at land use in a sustainable manner.

**KEYWORDS:** Sustainable Management, Environmental Planning, GIS, Watershed.



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 A BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE PLANEJAMENTO (MODIFICADA DE DOBSON; BECK, 1999 APUD SERIGNOLLI, 2009).....	4
FIGURA 2 VISUALIZAÇÃO ESPACIAL DOS DADOS ATRAVÉS DE INTERFACES GRÁFICAS DOS SISTEMAS (MODIFICADO DE KORTE, 2001).....	12
FIGURA 3 UNIDADES HIDROGRÁFICAS PRINCIPAIS DA UGRHI 1: SAPUCAÍ-MIRIM, A OESTE, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DOS MUNICÍPIOS DE SANTO ANTÔNIO DO PINHAL E SÃO BENTO DO SAPUCAÍ; E SAPUCAÍ-GUAÇU, A LESTE, NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DE CAMPOS DO JORDÃO (CPTI, 2003).....	14
FIGURA 4 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DA SERRA DA MANTIQUEIRA (SMA/IF, 2008)...	17
FIGURA 5 REDE DE DRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DA SERRA DA MANTIQUEIRA – UGRHI 1 (ADAPTADO DE IBGE, 2008).....	20
FIGURA 6 PONTOS DE AMOSTRAGEM DE SOLO SOB DIFERENTES USOS E OCUPAÇÃO DOS SOLOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DA SERRA DA MANTIQUEIRA, PORÇÃO PAULISTA (ADAPTADO DE SMA/IF, 2008).....	23
FIGURA 7 DISTRIBUIÇÃO DOS NÍVEIS CATEGÓRICOS DO SISTEMA DE CAPACIDADE DE USO DAS TERRAS EM: GRUPOS, CLASSES, SUBCLASSES E UNIDADES DE CAPACIDADE DE USO (LEPSCH ET AL., 1991).....	24
FIGURA 8 PEDOLOGIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DA SERRA DA MANTIQUEIRA - UGRHI 1.....	28
FIGURA 9 PRINCIPAIS CLASSES DE SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DA SERRA DA MANTIQUEIRA (UGRHI-1): A) CAMBISSOLO HÚMICO (CH), B) CAMBISSOLOS HÁPLICOS (CX), C) AFLORAMENTO ROCHOSO E D) NEOSSOLO LITÓLICO (RL) E) NEOSSOLOS FLÚVICOS (RU). ....	30
FIGURA 10 CLASSES DE DECLIVIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA DA SERRA DA MANTIQUEIRA - UGRHI 1.....	32
FIGURA 11 ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APPS) HÍDRICAS E DE DECLIVIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA DA SERRA DA MANTIQUEIRA – UGRHI 1.....	33
FIGURA 12 CONFLITO DO USO DO SOLO NAS APPS HÍDRICAS E DE DECLIVIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA DA SERRA DA MANTIQUEIRA - UGRHI 1.....	35
FIGURA 13 CLASSES DE CAPACIDADE DE USO DO SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DA SERRA DA MANTIQUEIRA - UGRHI 1.....	36
FIGURA 14 ÁREAS ADEQUADAS, SUBUTILIZADAS E INADEQUADAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DA SERRA DA MANTIQUEIRA - UGRHI 1.....	40

**LISTA DE TABELAS**

TABELA 1 CARACTERIZAÇÃO DOS GRUPOS E DAS CLASSES DE CAPACIDADE DE USO DO SOLO (LEPSCH ET AL., 1991).....	11
TABELA 2 ÁREAS OCUPADAS PELOS DIFERENTES USOS DO SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DA SERRA DA MANTIQUEIRA (SP).....	18
TABELA 3 CORRELAÇÃO ENTRE CLASSES DE DECLIVIDADE E RELEVO (DE BIASE, 1993).....	21
TABELA 4 CORRELAÇÃO ENTRE CLASSES DE DECLIVIDADE E CLASSES DE SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DA SERRA DA MANTIQUEIRA (UGRHI 1), CONFORME METODOLOGIA DE ANDRADE ET AL. (1998). ....	21
TABELA 5 LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM DE SOLO SOB A INFLUÊNCIA DE DIFERENTES USOS E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DA SERRA DA MANTIQUEIRA – UGRHI 1 .....	22
TABELA 6 DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES DE SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DA SERRA DA MANTIQUEIRA (UGRHI 1).....	29
TABELA 7 PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS <sup>12</sup> DO SOLO SOB A INFLUÊNCIA DE DIFERENTES USOS E OCUPAÇÃO <sup>11</sup> NA BACIA HIDROGRÁFICA DA SERRA DA MANTIQUEIRA (SP). ....	31
TABELA 8 ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APPS) HÍDRICAS E DE DECLIVIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA DA SERRA DA MANTIQUEIRA (UGRHI 1).....	34
TABELA 9 CONFLITO DO USO DO SOLO NAS APPS HÍDRICAS E DE DECLIVIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA DA SERRA DA MANTIQUEIRA - UGRHI 1.....	34
TABELA 10 DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES DE USO DO SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DA SERRA DA MANTIQUEIRA – UGRHI 1.....	37
TABELA 11 ÁREAS DE ADEQUAÇÃO DO USO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DA SERRA DA MANTIQUEIRA - UGRHI 1.....	41

**LISTA DE QUADROS**

QUADRO 1 DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES DE CAPACIDADE DE USO DAS TERRAS NAS DIFERENTES CLASSES DE SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DA SERRA DA MANTIQUEIRA – UGRHI 1.....	38
QUADRO 2 DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS SUBUTILIZADAS, ADEQUADAS E INADEQUADAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DA SERRA DA MANTIQUEIRA - UGRHI 1.....	41

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVO</b> .....	<b>2</b>
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>3</b>
3.1. A BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE PLANEJAMENTO .....	3
3.2. O CÓDIGO FLORESTAL E AS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP) .....	5
3.3. CLASSES DE CAPACIDADE DE USO DO SOLO .....	7
3.4. SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG) .....	11
3.5. A BACIA HIDROGRÁFICA DA SERRA DA MANTIQUEIRA .....	13
3.6. REDE DE DRENAGEM .....	13
3.7. GEOLOGIA .....	15
3.8. FATORES CLIMÁTICOS .....	16
3.9. DENSIDADE POPULACIONAL E ASPECTOS ECONÔMICOS .....	16
3.10. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO .....	17
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>19</b>
4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	19
4.2. METODOLOGIAS PARA A DELIMITAÇÃO DAS APPS E DE SEUS RESPECTIVOS USOS .....	19
4.2.1. <i>Mapa da rede de Drenagem</i> .....	19
4.2.2. <i>Declividade</i> .....	20
4.2.3. <i>Pedologia</i> .....	21
4.3. CARACTERIZAÇÃO DAS CLASSES DE SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DA SERRA DA MANTIQUEIRA .....	22
4.3.1. <i>Pontos de Amostragem</i> .....	22
4.3.2. <i>Aplicação do Sistema de capacidade de uso das terras</i> .....	24
4.3.3. <i>Mapa de Adequação das áreas</i> .....	26
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>28</b>
5.1. CARACTERIZAÇÃO PEDOLÓGICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DA SERRA DA MANTIQUEIRA .....	28
5.2. DECLIVIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA DA SERRA DA MANTIQUEIRA .....	31
5.3. DELIMITAÇÃO DAS APPS E CONFLITO DE USO .....	32
5.4. CLASSES DE CAPACIDADE DE USO DO SOLO DA BACIA DA SERRA DA MANTIQUEIRA .....	36
5.5. ADEQUAÇÃO DAS ÁREAS DO SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DA SERRA DA MANTIQUEIRA .....	40
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	<b>43</b>
<b>7. RECOMENDAÇÕES</b> .....	<b>44</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>46</b>
<b>9. ANEXOS</b> .....	<b>52</b>
ANEXO 1 .....	52

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente expansão das atividades antrópicas sem considerar as potencialidades, as peculiaridades e as limitações dos recursos naturais pode causar a degradação ambiental que, em alguns casos, atinge níveis irreversíveis. O desenvolvimento de atividades como a agricultura, a pecuária, o turismo e a urbanização, em áreas de preservação permanente pode desencadear desequilíbrios ambientais intensos. Na agricultura, a supressão de vegetação nativa para o plantio de cultura perene ou anual expõe o solo aos processos erosivos, à compactação, à perda de fertilidade natural e, conseqüentemente, à degradação física e química. Na pecuária, além da supressão da vegetação nativa, pode ocorrer a compactação do solo pelo pisoteio do gado, em pastagens mal manejadas.

A ausência de planos de manejo e de gerenciamento dos recursos naturais de uma bacia hidrográfica condiciona o desenvolvimento de algumas atividades em locais inapropriados, o que pode degradar e poluir os recursos naturais existentes, como solo, água e ar, além de afetar diretamente a flora e a fauna, inclusive em áreas que são determinadas pelo Código Florestal como áreas de preservação permanente (APPs). Portanto, o uso e ocupação do solo, respeitando a capacidade suporte do solo e o manejo adequado dos recursos naturais, são imprescindíveis para o desenvolvimento sustentável das atividades econômicas e para a preservação de bacias hidrográficas.

No Brasil, geralmente, o uso e ocupação do solo são realizados sem a avaliação prévia dos potenciais impactos aos recursos naturais e sem considerar as classes de capacidade de uso do solo. Assim, a delimitação das APPs e a identificação das classes de capacidade de uso do solo de uma bacia hidrográfica, são importantes para a preservação dos recursos naturais e dos seres vivos que compõem este ecossistema.

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) é uma inovação tecnológica, que permite a integração de dados de bacias hidrográficas, por meio do armazenamento, análise, localização espacial e sobreposição de mapas. Também permite o manuseio e a saída de dados analisados e tratados, sendo indispensável para o monitoramento da dinâmica do uso e ocupação do solo em bacias hidrográficas, propiciando maior frequência na atualização de dados, agilidade no processamento e maior viabilidade econômica quando comparado às formas tradicionais de análise geográfica.

Neste estudo foi avaliado o uso e ocupação do solo, por meio da identificação das principais atividades desenvolvidas atualmente na bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira, sendo consideradas as classes de capacidade de uso.

## **2. OBJETIVO**

O objetivo deste estudo foi mapear, identificar e avaliar as atividades desenvolvidas atualmente na bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira - UGRHI 1, que compreende os municípios de Campos do Jordão, Santo Antônio do Pinhal e São Bento do Sapucaí, considerando as classes de capacidade de uso do solo, para propor manejo adequado e, se necessário, medidas de adequação, em especial, em APPs hídricas e de declividade, buscando atender ao que estabelece o Código Florestal, instituído pela Lei nº 12.651/2012 e contribuir com as políticas públicas do Comitê de Bacias da UGRHI 1, para que a gestão desta bacia seja realizada de forma adequada.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1. A bacia hidrográfica como unidade de planejamento**

Com o intuito de preservar a qualidade ambiental e promover o desenvolvimento sustentável, os procedimentos da gestão ambiental adotaram a bacia hidrográfica como unidade de planejamento. Apesar da clara ênfase dada à gestão dos recursos hídricos, se faz necessário um planejamento global, que contemple todos os componentes dos recursos naturais e dos recursos socioeconômicos (ROSS et al., 1998).

A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água de precipitação, que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída. A bacia hidrográfica compõe-se de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório (TUCCI, 1997), sendo um ambiente sistêmico, onde se realizam os balanços de entrada de água proveniente da chuva e saída de água pelo exutório, permitindo que sejam delineadas bacias e sub-bacias, cuja interconexão se dá pelos sistemas hídricos (PORTO et al., 2008), conforme ilustra a Figura 1. A bacia é a unidade mais consagrada de gestão de recursos hídricos e constitui-se de uma área de drenagem contida pelo divisor de águas, definido pela topografia da região.

De acordo com o Plano de Bacias Hidrográficas do Rio Paraíba do Sul (2009), a Serra da Mantiqueira é uma cadeia montanhosa que se estende por três Estados do Brasil: São Paulo (30%), Minas Gerais (60%) e Rio de Janeiro (10%). O maciço rochoso possui aproximadamente 500 km de extensão, tendo início próximo ao município de Bragança Paulista e segue para o leste, delineando as divisas dos três Estados brasileiros até a região do Parque Nacional do Itatiaia, onde adentra Minas Gerais até a cidade de Barbacena. Seu ponto mais alto é a Pedra da Mina, com 2.798 metros de altitude, na divisa dos Estados de Minas Gerais e São Paulo. Na Serra da Mantiqueira existem diversas unidades de conservação, como a área de proteção ambiental Serra da Mantiqueira, dividida entre os três Estados; o Parque Nacional do Itatiaia, dividido entre Minas e Rio; e os Parques Estaduais Serra do Brigadeiro e Serra do Papagaio (Minas) e Campos do Jordão (São Paulo).



Figura 1 A bacia hidrográfica como unidade de planejamento (Modificada de DOBSON; BECK, 1999 apud SERIGNOLLI, 2009).

Nas bacias hidrográficas se desenvolvem as atividades humanas, que utilizam a água para múltiplas finalidades, como abastecimento, dessedentação animal, uso para fins industriais, turismo e lazer, irrigação, aquicultura, geração de energia, entre outros. Alguns usos da água são consuntivos, como abastecimento urbano, industrial e irrigação, que registram perdas por evaporação, infiltração no solo, evapotranspiração, absorção pelas plantas e incorporação a produtos industriais. Outros usos da água são considerados como não consuntivos, como geração hidrelétrica, navegação fluvial entre outros, que não afetam a quantidade da água disponível. O balanço entre a disponibilidade e a demanda de água para diversos fins indica a situação hídrica de escassez ou de abundância de uma bacia hidrográfica (CBH-SM, 2009).

Conceitualmente, a densidade de drenagem é resultante do somatório dos canais dividido pela área da bacia. A densidade de drenagem dificilmente pode ser correlacionada com um único parâmetro do meio físico; ao contrário, ela reflete as características físicas de uma bacia como um todo, sendo influenciada por fatores como substrato rochoso, evolução pedogenética, clima, relevo e cobertura vegetal.

De acordo com Porto et al. (2008), pode-se dizer que, no seu exutório, estarão representados todos os processos que fazem parte do seu sistema. O que ali ocorre é consequência das formas de ocupação do território e da utilização das águas que para ali convergem.



Segundo Prochnow (1990), os fatores de degradação ambiental de uma bacia hidrográfica refletem as condições ambientais predisponentes e as condições socioeconômicas da área. Estes fatores podem ser subdivididos em dois grupos:

a) fatores naturais, que são os fatores associados à predisposição do meio físico à degradação ambiental, onde as características climáticas, geológicas, geomorfológicas, pedológicas, da rede de drenagem e da vegetação são os principais fatores de ordem natural que condicionam o meio físico frente aos processos de degradação ambiental em uma bacia hidrográfica.

b) fatores de natureza antrópica, que são os fatores resultantes das atividades humanas vinculadas à organização e à ocupação do meio físico, como principais atividades modificadoras do meio podem ser citadas as atividades agropecuárias e agroindustriais, ocupação humana, desmatamento e alteração no relevo/topografia.

Compreendida dessa forma, a bacia hidrográfica representa uma unidade ideal de planejamento (RIBEIRO, 2002).

Ferreira (2011), evidenciou que os estudos da rede hidrográfica permitem avaliar desde a disponibilidade de recursos hídricos, por exemplo, para a irrigação, até o estado de degradação das áreas adjacentes em função da constatação da alta carga de sedimentos transportados e/ou assoreados no leito do rio. O arranjo da rede de drenagem é reflexo da interação de um conjunto de variáveis físicas, como clima, relevo, solo, substrato rochoso e vegetação. A partir da análise criteriosa dessas variáveis que compõem a rede de drenagem, torna-se possível tecer considerações acerca da bacia que está em estudo. Porém, essas análises devem ser realizadas juntamente com outros conjuntos de variáveis que compreenderão parâmetros químicos e biológicos e a descrição do uso e da ocupação do solo, pois as análises das variáveis físicas por si só não responderão fielmente às reais condições da rede de drenagem. No entanto, quando considerado o conjunto de análises, as considerações feitas a respeito da bacia serão mais consistentes.

### **3.2. O Código Florestal e as Áreas de Preservação Permanente (APP)**

O Código Florestal instituído pela Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, revogando as Leis nºs 4.771/65 e 7.754/89 e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de Agosto de 2001, define em seu Art. 3º, II, que: “*Área de Preservação Permanente – APP é toda área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade*

*geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”.*

Em seu Art. 4º, I, a Lei 12.651/12 considera APP, em zonas rurais ou urbanas, as faixas marginais e qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

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

Também são consideradas no Art. 4º como Áreas de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, os incisos:

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais;

III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;

IV - 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;

V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;

VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

VII - os manguezais, em toda a sua extensão;

VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;

X - as áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;

XI - em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado.

A modificação da legislação fragilizou a proteção do meio ambiente, diminuindo o padrão de proteção ambiental proporcionado pela Lei Federal nº 4.771/65, o que contrariou as obrigações constitucionais impostas ao Poder Público para assegurar a efetividade do direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, com a exclusão de ambientes que, até a sanção da Lei 12.651/12, eram caracterizados como APPs, como as acumulações naturais ou artificiais de água com superfície inferior a 1 ha, que são agora dispensadas de possuírem uma faixa de preservação permanente em seu entorno e flexibilização das normas acerca das APPs, como o referencial para demarcação da faixa de preservação permanente às margens de qualquer curso d'água natural foi alterado do leito maior para o leito regular, conforme estampado no inciso I, do art. 4º. Essa alteração reduzirá consideravelmente a extensão da área protegida às margens dos cursos hídricos, sendo possível inclusive que, em função de características topográficas, ocorra uma redução maior que a própria faixa. Essa alteração acarretará a possibilidade de ocupação do leito maior de cursos d'água por atividades antrópicas e até mesmo por assentamentos humanos. Como o leito maior é sujeito a inundações no período de cheias, é de se esperar o aumento de casos de danos materiais, além do risco à vida humana (MPGO, 2012).

Nem todos os topos de morros, montes, montanhas e serras são considerados áreas de preservação permanente, pois o inciso IX, do art. 4º, relativizou o tema. Nesse sentido, uma variada gama de topos de morros, montes, montanhas e serras deixarão de ser considerados APPs. Essas áreas são especialmente relevantes para garantir a estabilidade das encostas, o que as torna de extrema importância para o bem estar da população, tendo em vista os desastres envolvendo deslizamento de encostas em épocas de chuvas (MPGO, 2012).

### **3.3. Classes de Capacidade de uso do solo**

A classificação das terras pelo sistema de capacidade de uso fundamenta-se na classificação qualitativa das terras, sendo voltada para suas limitações e sua utilização. Baseiam-se, primordialmente, nos efeitos do clima sobre o solo e sua resultante evolução e degradação, bem como nas características permanentes do solo que, em conjunto, poderão

limitar o uso agrícola e também causar em diversos níveis sérios prejuízos mediante erosão (EMBRAPA, 2005).

A capacidade de uso visa ao aproveitamento das condições do solo, com um mínimo de perdas, baseando-se em um detalhamento expressivo dos fatores que possam influenciar na estruturação e composição deste meio, tais como relevo, erosão, solo e clima, entre outros, tornando mais confiáveis as bases para planejamento de uso racional (CAMPOS et al., 2010).

O primeiro sistema de classificação de capacidade de uso foi apresentado nos Estados Unidos (BERTONI et al., 1990) e o trabalho de Norton (1939) foi fundamental para a implantação desse sistema de classificação em vários países do mundo. No Brasil, a implantação do sistema de capacidade de uso teve início com uma tradução do trabalho original, "Classificação de terras como auxílio às operações de conservação do solo", em 1945 (WEILL, 1990). Depois, esse sistema sofreu várias adaptações. A primeira foi feita em 1957 por Marques et al. (1957). A segunda aproximação foi lançada em 1958, com o título "Manual brasileiro para levantamentos conservacionistas" (MARQUES, 1958) e, em 1971, foi publicada a terceira aproximação, "Manual Brasileiro para levantamento da capacidade de uso" (MARQUES, 1971). A quarta aproximação é uma adaptação feita por Lepsch et al. (1991) do sistema desenvolvido pelo Serviço de Conservação do solo dos EUA, por Klingebiel e Montgomery (1961), para agrupar solos em classes de capacidade de uso.

O planejamento do uso das terras compreende vários níveis de aplicação, começando pela propriedade agrícola até atingir o nível nacional. O planejamento permite, em esfera nacional ou regional, a identificação de alternativas de desenvolvimento, em função das necessidades e condições socioeconômicas. Em áreas específicas, como pequenas bacias hidrográficas e propriedades agrícolas, o planejamento provê contribuições para adequar as terras às várias modalidades de utilização agrosilvopastoris (WEILL, 1990; LEPSCH et al., 1991).

O sistema visa identificar as limitações permanentes e as possibilidades de uso das terras, através da sistematização das informações de uma determinada área para definir a máxima capacidade de uso da terra, sem que esta corra o risco de degradação, especialmente no que diz respeito à erosão acelerada (LEPSCH et al., 1991).

As classes de capacidade de uso são caracterizadas, em termos gerais, apenas do ponto de vista das condições físicas da terra, ou seja, das condições locais de solo, clima e relevo e do resultado de suas interações (drenagem, erosão, inundação, etc.), sem considerar a localização ou as características econômicas da terra (BERTONI et al., 1990; LEPSCH et al., 1991).

Os Cambissolos são solos que apresentam grande variação no tocante a profundidades, ocorrendo desde rasos a profundos, apresentam um horizonte B diagnóstico com menos de 50 cm, denominado B incipiente (Bi) apresentam cores diversas e muitas vezes são pedregosos, cascalhentos e mesmo rochosos. Os Cambissolos estão relacionados aos relevos mais íngremes, ocorrendo na bacia da Serra da Mantiqueira, os Cambissolos Háplicos e Húmicos.

Compreendem boa parte da Zona Montana (Serras do Mar e Mantiqueira, Serra do Quebra Cangalha e Bocaina) em áreas de terrenos bastante acidentados que variam de fortemente ondulado a escarpado, a níveis topográficos superiores a 1.000 m. Estão associados a suítes graníticas e por serem pouco evoluídos apresentam significativos teores de minerais primários facilmente intemperizáveis (IAC, 1999). São solos muito erodíveis.

Os Cambissolos Háplicos especificamente estão localizados no Planalto de Campos do Jordão na Serra da Mantiqueira, região que devido às altitudes que se aproximam de 2000 metros, possui um clima com baixas temperaturas em boa parte do ano, permitindo a formação do horizonte húmico nesse solo.

Os Neossolos são solos constituídos por material mineral ou material orgânico pouco espesso (menos de 30 cm de espessura), sem apresentar qualquer tipo de horizonte B diagnóstico. No caso da bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira identificou-se a presença do Neossolo Flúvico, que apresenta natureza muito variada, dependendo fortemente das características dos sedimentos aluviais que o formou, podendo apresentar textura arenosa a argilosa; ser distróficos ou eutróficos, e apresentar ou não salinidade ou sodicidade. A única característica comum desses solos é sua drenagem imperfeita. Dessa maneira, parte desses solos pode apresentar boa aptidão à agricultura e outra parte pode ser inapta. Identificou-se também a presença do Neossolo Litólico, que possui massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2 mm (cascalhos, calhaus e matacões), e que apresentam um contato lítico dentro de 50cm da superfície do solo. Também foram identificados afloramentos rochosos associados aos Neossolos Litólicos nas vertentes da bacia da Serra da Mantiqueira.

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

Segundo Lepsch et al. (1991), as categorias do sistema de capacidade de uso estão hierarquizadas em:

- Grupos de capacidade de uso: estabelecidos com base nos tipos de intensidade de uso das terras, designados pelas letras A, B e C (Tabela 1);
- Classes de capacidade de uso: baseadas no grau de limitação de uso representam um grupamento de terras com o mesmo grau de limitação, definindo condições de aproveitamento e riscos de degradação semelhantes. São designadas por algarismos romanos de I a VIII, e quanto maior o seu valor, maior é a restrição ao uso. Assim a classe I abrange as terras praticamente sem limitações, cujo número de alternativas é muito grande, enquanto a classe VIII é atribuída às terras com riscos de degradação e/ou restrições em grau muito severo, onde são impossíveis ou extremamente reduzidas as possibilidades de utilização agrícola. São quatro classes de terras de cultura, três de pastagens e reflorestamento, e uma de terras impróprias para a vegetação produtiva, descritas de forma resumida na Tabela 1;
- Subclasses de capacidade de uso: representam as classes de capacidade de uso em função da natureza da limitação, tornando mais explícitas as práticas conservacionistas a serem adotadas;
- Unidades de capacidade de uso: baseadas nas condições específicas que afetam o uso ou manejo da terra, tornando mais explícita a natureza das limitações e facilitando o processo de estabelecimento das práticas de manejo.

Atualmente esta metodologia tem sido utilizada para verificar a adequabilidade entre o uso atual e a capacidade de uso da terra (DONZELLI et al., 1992; CAVALIERI, 1998; RIBEIRO e CAMPOS, 1999; RODRIGUES et al., 2001).

Para a determinação da capacidade de uso devem ser listados os fatores que têm maior influência sobre o uso da terra. Estes deverão ser devidamente interpretados e analisados em conjunto, para determinação e separação das classes, subclasses e unidades de capacidade de uso.

As interpretações para fins agrícolas devem ser feitas segundo critérios que reflitam a maior ou menor adaptabilidade dos solos e do ambiente em que ocorrem, para determinado cultivo ou grupo de cultivos.

Tabela 1 Caracterização dos grupos e das classes de capacidade de uso do solo (LEPSCH et al., 1991).

<b>Grupos de capacidade de uso</b>	<b>Classes de capacidade de uso</b>
A – Terras que podem ser utilizadas para culturas anuais ou perenes, pastagens, reflorestamento e preservação ambiental	<p>I – terras cultiváveis, aparentemente sem restrições ao uso, não necessitando de práticas especiais de conservação do solo;</p> <p>II – terras cultiváveis com ligeiras restrições ao uso, necessitando práticas especiais de conservação, de fácil execução;</p> <p>III – terras cultiváveis com severas restrições ao uso, apresentando problemas complexos de conservação;</p> <p>IV – terras cultiváveis apenas ocasionalmente ou em extensão limitada, apresentando sérios problemas de conservação.</p>
B – Terras impróprias para culturas intensivas, mas adaptadas para pastagens, reflorestamento e preservação ambiental	<p>V – terras sem restrição para uso com pastagens, reflorestamento ou preservação ambiental, não necessitando de práticas especiais de conservação, podem ser cultivadas em casos especiais;</p> <p>VI – terras com restrições moderadas ao uso, com problemas simples de conservação, cultiváveis em casos especiais de algumas culturas permanentes protetoras do solo;</p> <p>VII – terras com severas restrições ao uso, adaptadas em geral somente para pastagens ou reflorestamento, com problemas complexos de conservação.</p>
C – Terras impróprias para cultivos anuais, perenes, pastagens ou reflorestamento, mas apenas para preservação ambiental ou recreação	VIII – terras impróprias para cultivos anuais, perenes, pastagens ou reflorestamento, servindo apenas como abrigo e proteção da fauna e flora silvestre, como ambiente de recreação, ou para fins de armazenamento de água.

Estabelecidas as condições ambientais ideais para a maioria das culturas, qualquer desvio ou afastamento delas representa uma limitação à utilização destas. Logo, a determinação da capacidade de uso consiste em estabelecer a intensidade de variação de cada condição agrícola considerada, atribuindo-lhe graus de limitação em função do maior ou menor afastamento das condições ideais (LEPSCH et al., 1991). Esse sistema é recomendado para fins de planejamento de práticas de conservação do solo, ao nível de propriedades, de empresas agrícolas ou de pequenas bacias hidrográficas, e trabalha usualmente com nível de manejo médio ou alto.

### **3.4. Sistemas de Informações Geográficas (SIG)**

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) é constituído por um conjunto de programas capazes de armazenar, manipular, transformar, analisar e exibir dados

espacialmente distribuídos. Estes dados descrevem objetos e fenômenos em termos do posicionamento com relação a um sistema de coordenadas, de seus atributos, e das relações topológicas existentes (BURROUGH, 1986).

Um SIG permite a visualização espacial dos dados através de interfaces gráficas dos sistemas (Figura 2). Com a utilização do SIG é possível extrair os dados adequados, a partir de um banco de dados, tornando-os passíveis de serem manipulados e analisados automaticamente. Dessa forma, eliminam-se as ações subjetivas, apresentando os resultados sob a forma de mapas, permitindo-se, então, desenvolver metodologias mais versáteis e buscando novas soluções para o objeto de estudo (GROSSI, 2003).

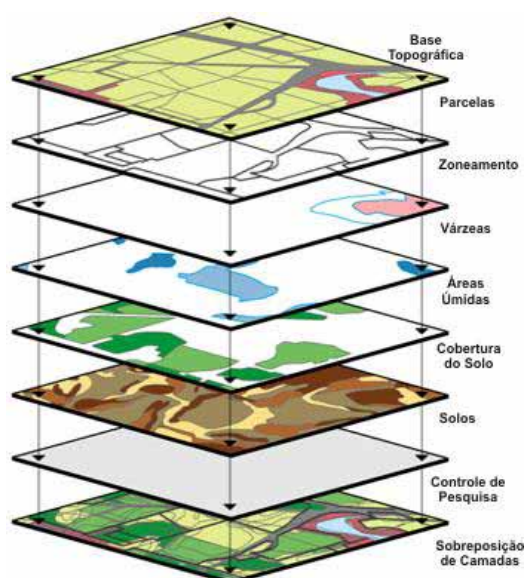


Figura 2 Visualização espacial dos dados através de interfaces gráficas dos sistemas (Modificado de KORTE, 2001).

Por estas razões, um SIG pode ser utilizado em estudos relativos ao meio ambiente e aos recursos naturais, na pesquisa da previsão de determinados fenômenos ou no apoio a decisões de planejamento, considerando a concepção de que os dados armazenados representam um modelo do mundo real (BURROUGH, 1986).

Triantafilis et al. (2014) aplicaram técnicas de sensoriamento remoto em dois terços de toda a agricultura irrigada na Austrália para realizar a modelagem e o mapeamento digital dessas áreas e avaliar mudanças climáticas, utilizando essas técnicas para mapear propriedades do solo relacionado, por exemplo, à textura, utilizando o geoprocessamento para a visualização das situações encontradas.

Zanini et al. (2013) avaliaram a susceptibilidade aos processos erosivos de solos da região dos vales alpinos italianos, e verificaram que estas áreas montanhosas apresentam



vulnerabilidade natural à erosão, principalmente sob a influência de atividades antrópicas e, que em regiões de baixa elevação, o efeito erosivo ocorre devido à própria característica do solo.

Formaggio et al. (1992) concluíram que os sistemas de informações geográficas estão entre as mais modernas e promissoras tendências de armazenamento e manipulação de informações temáticas sobre recursos naturais terrestres. As imagens de satélite, em conjunto com a avaliação de terras e o SIG constituem ferramentas excelentes para verificar a adequação de uso das terras de uma região, viabilizando medidas governamentais de estímulo à intensificação de práticas conservacionistas nos locais onde os riscos detectados são elevados.

### **3.5. A bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira**

Localizada a 1.628 metros de altitude, Campos do Jordão é considerada a "Suíça Brasileira", principalmente pela sua arquitetura de influência europeia e pelo seu clima frio. Com uma população de 46.505 habitantes, o município tem como principal atividade econômica o turismo. Santo Antônio do Pinhal, com seus 6.896 habitantes, se caracteriza por ser uma estância climática para turismo rural, ecológico e de aventura, com 133 km<sup>2</sup> de topografia serrana, com altitudes que variam de 1200 a 1890 metros. A cidade de São Bento do Sapucaí encontra-se a 886 metros de altitude, com uma população de 10.966 habitantes (CBH-SM/2009).

Conforme dados obtidos do CBH-SM (2009) a bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira, UGRHI-1 possui área de 675,60 km<sup>2</sup> (0,28% do Estado de SP), que corresponde à soma das áreas dos três municípios: Campos do Jordão (290,00 km<sup>2</sup>), Santo Antônio do Pinhal (133,00 km<sup>2</sup>) e São Bento do Sapucaí (252,60 km<sup>2</sup>).

A bacia hidrográfica UGRHI-1 está inserida no contexto internacional da Bacia do rio da Prata e nacional da Região Hidrográfica do Paraná – RH-PR, segundo Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH n.32, de 15 de outubro de 2003, e mais especificamente na bacia hidrográfica do Rio Grande, que contempla áreas nos Estados de São Paulo e Minas Gerais (OEA/MMA, 2005).

### **3.6. Rede de drenagem**

Devido a sua pequena extensão, condicionamento fisiográfico e ocupação, a UGRHI 1 foi dividida em duas unidades hidrográficas principais: Sapucaí-Mirim, a oeste, na área de

influência dos municípios de Santo Antônio do Pinhal e São Bento do Sapucaí; e Sapucaí-Guaçu, a leste, na área de influência de Campos do Jordão (Figura 3). Estas duas unidades principais foram ainda subdivididas em bacias secundárias ou pequenas bacias municipais.



Figura 3 Unidades hidrográficas principais da UGRHI 1: Sapucaí-Mirim, a oeste, na área de influência dos municípios de Santo Antônio do Pinhal e São Bento do Sapucaí; e Sapucaí-Guaçu, a leste, na área de influência de Campos do Jordão (CPTI, 2003).

A unidade do rio Sapucaí-Guaçu corresponde a 293,5 km<sup>2</sup> ou 42,8% da UGRHI 1, sendo que, aproximadamente 90% de sua área localiza-se no município de Campos do Jordão e cerca de 10% em São Bento do Sapucaí. A unidade do rio Sapucaí-Mirim apresenta 392,5 km<sup>2</sup>, cerca de 51,2% da UGRHI 1, correspondendo à totalidade do município de Santo Antônio do Pinhal, 90% do território de São Bento do Sapucaí e apenas 10% da área de Campos do Jordão. Estas duas unidades principais foram subdivididas em bacias secundárias ou pequenas bacias municipais, segundo divisões repassadas pelos municípios. No caso de Campos do Jordão e São Bento do Sapucaí, também foram segregadas áreas com afluentes não principais dos rios Capivari/Sapucaí-Guaçu e Sapucaí-Mirim, respectivamente. Em Campos do Jordão, o rio mais importante na malha urbana principal é o Capivari, que recebe em seu curso o rio Abernêssia, os ribeirões do Imbirí, das Perdizes, do Fojo e os córregos Piracuama, Mato Grosso e do Homem Morto. Em seguida, passa a se denominar rio Sapucaí-Guaçu e recebe, ainda dentro do município de Campos do Jordão, as águas dos ribeirões da Ferradura, Canhambora, Campo do Meio, Galharada, do Coxim, dos Marmelos e do Paiol. Em seguida, passa ao limite com o Estado de Minas Gerais, entre Campos do Jordão (SP) e Piranguçu (MG). Já em MG, é denominado Rio Sapucaí e avança rumo ao norte até o reservatório de Furnas (rio Grande), a cerca de 150 km da UGRHI 1. Na extremidade sudoeste do município de Campos do Jordão, já nas vertentes voltadas para o rio Sapucaí-

Mirim, há os ribeirões dos Barrados, Paiol Velho, dos Melos e do Lajeado, que passam também pelos municípios de Santo Antônio do Pinhal ou de São Bento do Sapucaí. A bacia hidrográfica do ribeirão do Lajeado, aliás, é a única entre as principais que contempla área nos três municípios da UGRHI 1 (incluindo o Distrito de José da Rosa) e ainda pequena área em Minas Gerais, onde deságua no Rio Preto Grande e este, no Rio Sapucaí-Mirim. Em Santo Antônio do Pinhal, o rio da Prata é o principal curso d'água que passa pela malha urbana (sede), tendo como afluentes principais os ribeirões da Cachoeira e da Boa Vista e córregos do Pico Agudo, Barreiro e Barreirinho. O rio da Prata se junta ao córrego da Guarda Velha para formar o Rio Preto Grande. O rio Sapucaí-Mirim nasce no município mineiro homônimo, recebe águas de rios que nascem (ou começam) em território paulista (como o Rio Preto Grande e ribeirão do Baú) e, já de volta ao território paulista, passa por São Bento do Sapucaí. Neste município, recebe águas dos córregos do Monjolino, Pinheiros e do Quilombo, e dos ribeirões dos Serranos e do Paiol Grande, adentrando novamente em território mineiro. Percorre território mineiro até desaguar no Rio Sapucaí, em Pouso Alegre.

Em São Bento do Sapucaí, há também as pequenas bacias do córrego da Bocaina e afluentes (localidades Bocaina e Cantagalo – extremo norte da UGRHI-1), os quais rumam para Minas Gerais dentro da vertente do Rio Sapucaí-Mirim; e o ribeirão do Campo Serrano e afluentes, que adentra em território mineiro na vertente do Rio Sapucaí (Sapucaí-Guaçu). A unidade do rio Sapucaí-Guaçu (293,5 km<sup>2</sup>) possui aproximadamente 90% de sua área no município de Campos do Jordão e cerca de 10% em São Bento do Sapucaí. A unidade do rio Sapucaí-Mirim apresenta 392,5 km<sup>2</sup> de área total, correspondendo à totalidade do município de Santo Antônio do Pinhal, 90% do território de São Bento do Sapucaí e apenas 10% da área de Campos do Jordão.

Com base no mapeamento do uso e ocupação do solo e das unidades de conservação da bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira realizado por Kronka (2003), os corpos hídricos cobrem uma área de 30,77 ha, distribuídos entre os municípios de Campos do Jordão, São Bento do Sapucaí e Santo Antônio do Pinhal, cuja área urbanizada corresponde a 3.058,33 ha (CBH-SM, 2012).

### **3.7. Geologia**

A Serra da Mantiqueira é uma cadeia montanhosa que se estende pelos estados de São Paulo (30%), Minas Gerais (60%) e Rio de Janeiro (10%). O maciço rochoso possui aproximadamente 500 km de extensão, formado principalmente por gnaisses, granitos, migmatitos e rochas cataclásticas (milonitos). Há terrenos cristalinos ígneo-metamórficos pré-

cambrianos, suítes alcalinas mesozoicas e terrenos sedimentares mais recentes, predominantemente aluvionares sedimentares e sedimentos quaternários, considerando que esta bacia situa-se ao norte da bacia sedimentar do Paraíba do Sul. A presença de quartzitos e rochas metacarbonáticas é observada ao norte de Campos do Jordão e corpos plutônicos alcalinos, em Santo Antônio do Pinhal. A maior parte das rochas que ocorrem na bacia compõe o Sistema Aquífero Cristalino (CBH-SM, 2012).

### **3.8. Fatores Climáticos**

As altitudes variam de 886 metros em São Bento do Sapucaí a 1200 a 1890 metros em Santo Antônio do Pinhal, chegando a atingir 2000 metros na região de Campos do Jordão. As altitudes máximas encontram-se entre 1950m nos Picos do Diamante e Itapeva e mais de 2000 metros no Alto do Cerco (CBH-SM, 2012). Devido a sua geomorfologia e características climáticas, o município de Campos do Jordão encontra-se na zona de risco de escorregamento, inundações e erosão e é um dos 19 municípios do estado de São Paulo com Plano Municipal de Redução de Risco (SMA, 2013). Com base nas informações obtidas no Plano de bacias da Serra da Mantiqueira (UGRHI 1) esta bacia é composta em toda a sua extensão por unidades de conservação, que incluem a área de proteção ambiental (APA) da Serra da Mantiqueira.

Pela classificação climática de Köppen, na região da Serra da Mantiqueira predomina o clima subtropical de altitude – Cfb, mesotérmico médio e úmido, com temperatura média anual entre 13,4°C a 17°C e, devido às elevadas altitudes, ocasionalmente, podem ocorrer temperaturas inferiores a 0°C (CTPI, 2012). Devido à influência do efeito orográfico da Serra do Mar, há um alto índice de pluviosidade, fator que contribui para a elevada disponibilidade hídrica. O total médio anual de precipitação é superior a 1500 mm, com chuvas bem distribuídas em todos os meses do ano, apenas decrescendo no período de inverno, quando ocorre a subseca (SANTOS, 2009; SMA/CPLA, 2010; CTPI, 2012).

### **3.9. Densidade Populacional e Aspectos Econômicos**

A bacia em estudo é a menos populosa do Estado de São Paulo, de acordo com os dados fornecidos pelo CBH-SM (2012) e SMA (2013), com 65.114 habitantes (0,2% do estado) até o ano de 2011, dos quais cerca de 86% vivem em área urbana e 14% em área rural. Na bacia as atividades predominantes são o turismo, o comércio e a exploração imobiliária,

com destaque para o setor hoteleiro, pequenas indústrias, extração de água mineral, agricultura e, em pequena escala, a bovinocultura, a equinocultura e a truticultura.

### 3.10. Uso e Ocupação do Solo

O Plano de Bacias da UGRHI 1 (2012) destaca, entre as diversas atividades de uso do solo e de desenvolvimento existente na bacia da Serra da Mantiqueira, a pastagem relacionada à pecuária, que ocupa cerca de 25.844,70 ha, seguida de reflorestamento, que ocupa cerca de 4.791,78 ha, enquanto a vegetação de campo natural com perturbação antrópica, corresponde a 2.644,58 ha e a área ocupada com atividades agrícolas a 1.835,65 ha. O mapa de uso e ocupação do solo disponibilizado pela SMA/IF (2008) foi utilizado para a identificação do uso do solo em áreas de APPs da Bacia Hidrográfica da Serra da Mantiqueira - UGRHI 1 está apresentado na Figura 4.

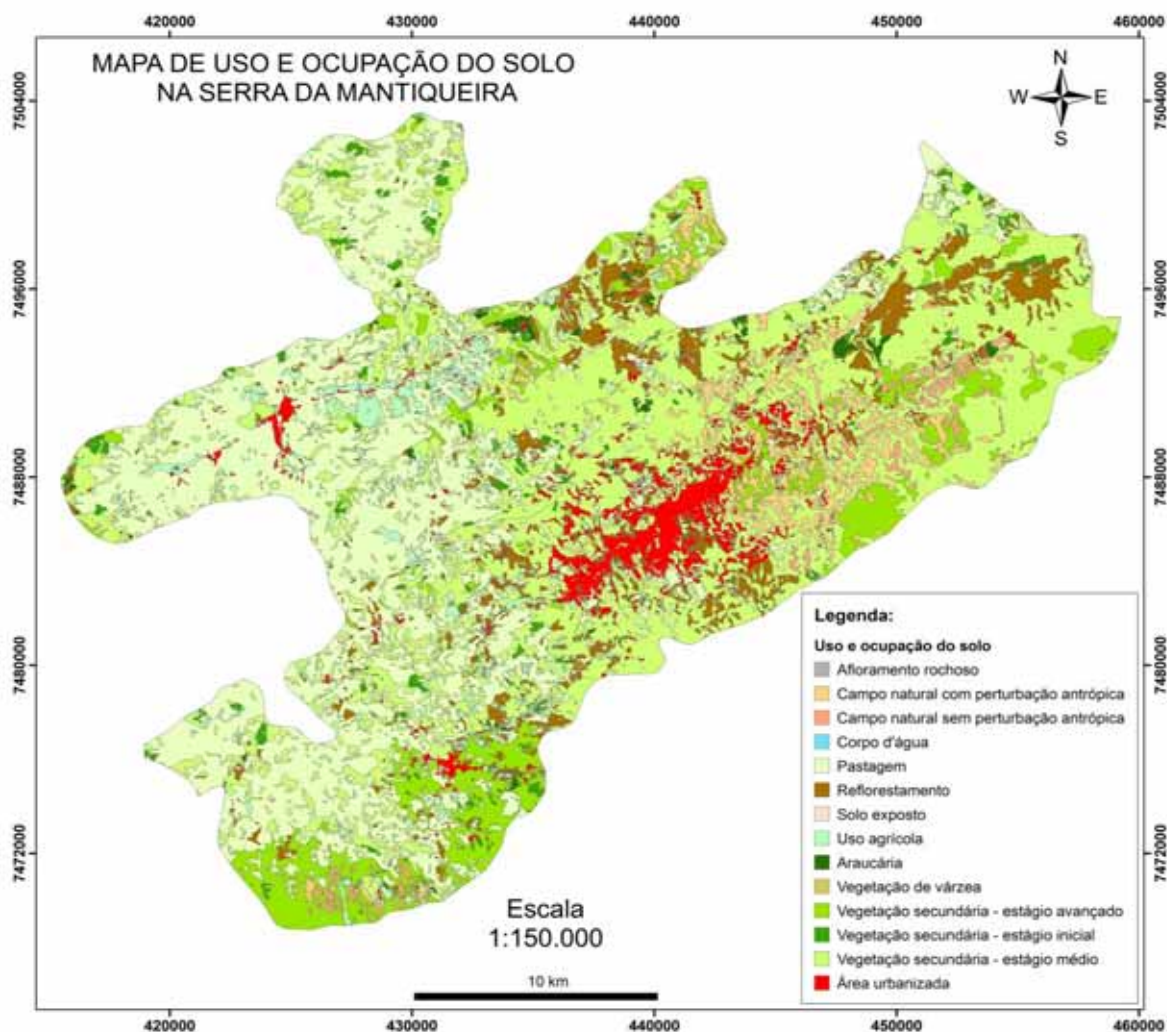


Figura 4 Uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira (SMA/IF, 2008).

A Tabela 2 apresenta a distribuição das áreas ocupadas pelos diferentes usos do solo e sua porcentagem em relação à área total da bacia, de 675,60 km<sup>2</sup>, de acordo com o mapa de uso e ocupação do solo fornecido pela SMA/IF (2008), evidenciando que, entre os usos indevidos, a pastagem ocupa a maior parte da bacia, correspondente a 32,56%.

Tabela 2 Áreas ocupadas pelos diferentes usos do solo da bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira (SP).

Uso e Ocupação do solo	Área (km <sup>2</sup> )	% do Total
Afloramento rochoso	0,29	0,04
Campo natural com perturbação antrópica	24,89	3,68
Campo natural sem perturbação antrópica	7,38	1,09
Corpo d'água	0,24	0,04
Pasto	219,94	32,56
Reflorestamento	44,83	6,64
Solo exposto	0,12	0,02
Uso agrícola	17,06	2,53
Araucária	4,69	0,69
Vegetação de várzea	1,58	0,23
Vegetação secundária – estágio avançado	58,76	8,70
Vegetação secundária – estágio inicial	11,65	1,72
Vegetação secundária – estágio médio	253,88	37,58
Área urbanizada	30,29	4,48
<b>Total</b>	<b>675,60</b>	<b>100,00</b>

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1. Caracterização da área de estudo**

O estudo foi realizado no período de fevereiro e junho do ano de 2013, no trecho paulista da Serra da Mantiqueira, que abrange três municípios: Campos do Jordão, São Bento do Sapucaí e Santo Antônio do Pinhal, considerados como estâncias climáticas.

### **4.2. Metodologias para a delimitação das APPs e de seus respectivos usos**

Os softwares utilizados neste trabalho foram o ArcGIS® 10.1, da ESRI (Environmental Systems Research Institute) e o SPRING 5.0, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, como programas de elaboração e manipulação de informações vetoriais e matriciais para o uso e gerenciamento de bases temáticas. O ArcGIS® e o SPRING, disponibilizam em um ambiente de SIG uma gama de ferramentas de forma integrada e de fácil utilização. O software ArcGIS® tem sido muito utilizado para realizar estudos na área ambiental, como por exemplo, para a delimitação de APPs (CAMPOS et al., 2009).

As APPs foram delimitadas por meio do software ArcGIS® 10.1 e as análises espaciais foram realizadas no Laboratório de Análises Geoespacial (LAGE) do Departamento de Engenharia Civil da UNESP, campus de Guaratinguetá. A delimitação das APPs hídricas e de declividade da bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira teve como referência o Código Florestal, instituído pela Lei Federal nº 12.651/12, que estabelece a faixa de 30 metros marginais ao longo dos cursos d'água com largura inferior a 10 metros, faixa de 50 metros ao longo dos cursos d'água de 10 a 50 metros de largura, áreas em um raio de 50 metros ao redor das nascentes e faixa marginal de 50 metros em lagoas na zona rural com área inferior a 20 ha, para as APPs hídricas e, as encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive.

#### **4.2.1. Mapa da rede de Drenagem**

O mapa da rede de drenagem da bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira foi obtido junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2008), apresentado na Figura 5.

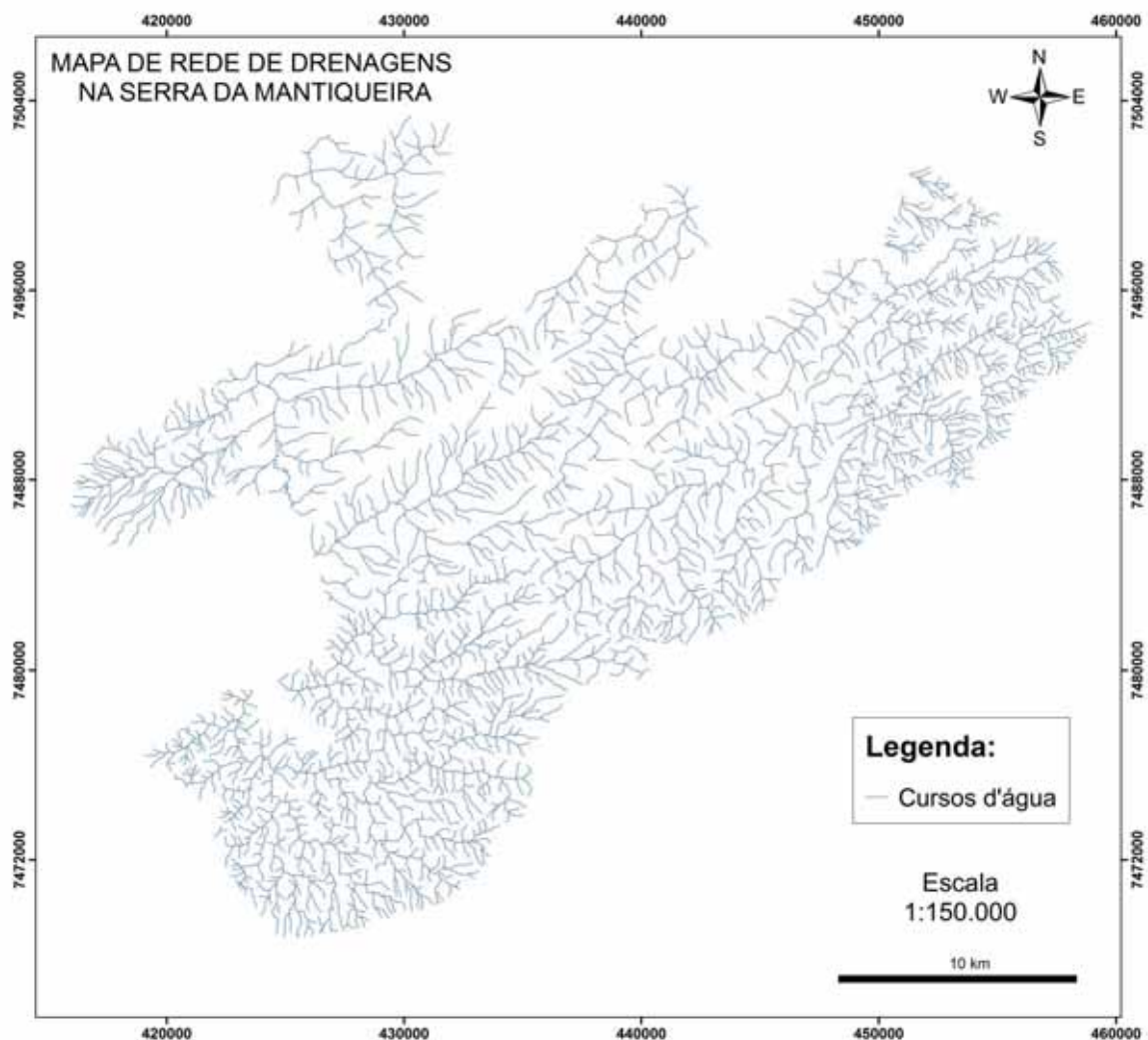


Figura 5 Rede de drenagem da bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira – UGRHI 1 (Adaptado de IBGE, 2008)

#### 4.2.2. Declividade

Por meio do tratamento e manipulação de dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) do projeto TOPODATA (VALERIANO, 2011), que contempla a bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira, empregando-se o software SPRING (CÂMARA et al., 1996), foi possível a transformação dos sistemas de referência e coordenada, seguida do preenchimento e correção dos pixels da imagem, através da extensão *Spatial Analyst* no software ArcGIS® 10.1. Através desta extensão foi possível obter o mapa temático de declividade, utilizando-se da correlação entre o fatiamento de grade numérica de declividade em porcentagem, apresentada na Tabela 3.



Tabela 3 Correlação entre classes de declividade e relevo (De BIASE, 1993).

<b>Classes de declividade (%)</b>	<b>Relevo</b>
A (0-3)	Várzea
B (3-5)	Plano a suave ondulado
C (5-12)	Suave ondulado a ondulado
D (12-20)	Ondulado e forte ondulado
E (20-40)	Forte ondulado a montanhoso
F (>40)	Montanhoso

### 4.2.3. Pedologia

A caracterização pedológica da bacia da Serra da Mantiqueira teve como base o levantamento semidetalhado realizado em campo e o cruzamento das informações dos mapas de declividade e da rede de drenagem. A partir desta matriz foi feita a análise da topossequência e delimitação das classes de solos: Neossolos Litólicos (RL) e afloramentos rochosos, em terrenos com declividade forte ondulado a montanhoso, Cambissolos Háplicos (CX) e Cambissolos Húmicos (CH) em terrenos ondulados a forte ondulados, sendo os últimos de ocorrência em áreas de matas e florestas, Neossolos Flúvicos (RU), em relevo plano e próximo à rede de drenagem. Estas classes de solos foram definidas seguindo o modelo estabelecido por Andrade et al. (1998) e Pinto et al. (2005), correlacionando as classes de solos atualizadas pela EMBRAPA (2009) com as classes de declividade (Tabela 4).

Tabela 4 Correlação entre classes de declividade e classes de solo da bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira (UGRHI 1), conforme metodologia de Andrade et al. (1998).

<b>Classes de declividade (%)</b>	<b>Classes de Solos (EMBRAPA, 2009)</b>
0-3	<i>Latossolos</i>
3-5	<i>Neossolos Flúvicos</i>
5-12	<i>Latossolos</i>
12-20	<i>Solos com B textural</i>
20-40	<i>Solos com B textural e Cambissolos</i>
>40	<i>Cambissolos e Neossolos Litólicos</i>

Após definir as APPs hídricas e de declividade foram consideradas sob uso conflitante com o que estabelece o Código Florestal, todas as áreas que não eram de vegetação nativa presentes nas APPs das nascentes, cursos d'água e encostas com declividade superior a 45° e as áreas que não eram ocupadas com culturas permanentes nas classes de 20% a 45% de declividade, conforme metodologia de Bigarella e Mazuchowski (1985), empregada por Pinto et al. (2005). Para a identificação do uso conflitante do solo nas áreas de 20% a 45% de

declividade utilizou-se uma operação condicional cruzando-se os mapas de declividade e de uso do solo e para a obtenção do mapa de uso conflitante, cruzaram-se os mapas de APPs e de uso do solo. Para quantificar os tipos de uso do solo conflitante foram cruzados os mapas de uso conflitante com o de uso atual do solo a partir da função de tabulação cruzada do software SPRING.

### 4.3. Caracterização das classes de solo da bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira

#### 4.3.1. Pontos de Amostragem

A amostragem de solo da bacia teve como base o mapa de uso e ocupação do solo, bem como, observações de campo e foi georreferenciada (Tabela 5). Dentro de cada área, delimitada por uma determinada classe de uso e de solo, foi coletada uma amostra composta de 4 amostras simples retiradas da camada superficial do solo (0-20 cm). Para a caracterização física dos solos foi avaliada a textura pelo método da pipeta (Day, 1965).

Tabela 5 Localização dos pontos de amostragem de solo sob a influência de diferentes usos e ocupação do solo na bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira – UGRHI 1

Pontos de coleta	Município	Uso e Ocupação do solo	Coordenadas			
			Latitude (S)	Longitude (W)	UTM - 23 K - SAD 69	
					X	Y
P01	Campos do Jordão	Urbanização	22° 45' 36.52"	45° 37' 16.83"	436211	7482898
P02	Campos do Jordão	Urbanização	22° 41' 44.83"	45° 30' 47.31"	447295	7490065
P03	Campos do Jordão	Solo sob pastagem	22° 41' 35.20"	45° 30' 18.11"	448127	7490364
P04	Campos do Jordão	Solo sob uso agrícola (milho)	22° 41' 36.74"	45° 30' 19.37"	448127	7490364
P05	Campos do Jordão	Matas e/ou Florestas Naturais	22° 41' 21.29"	45° 28' 51.03"	450610	7490800
P06	Campos do Jordão	Matas e/ou Florestas Naturais	22° 41' 12.47"	45° 28' 40.28"	450916	7491072
P07	Santo Antonio do Pinhal	Agropecuária (25 e 10%)	22° 48' 54.31"	45° 45' 09.51"	422761	7476753
P08	Santo Antonio do Pinhal	Pastagens + Matas e/ou Florestas	22° 49' 41.37"	45° 41' 05.35"	429729	7475340
P09	Santo Antonio do Pinhal	Pastagens + Matas e/ou Florestas	22° 48' 32.76"	45° 45' 09.53"	422758	7477416
P10	São Bento do Sapucaí	Agropecuária (25 e 10%)	22° 43' 34.67"	45° 48' 50.29"	416414	7486549
P11	São Bento do Sapucaí	Pastagens Naturais	22° 43' 50.49"	45° 47' 29.44"	418723	7486075
P12	São Bento do Sapucaí	Solo de várzea com pastagem	22° 40' 43.88"	45° 42' 57.55"	426451	7491853
P13	São Bento do Sapucaí	Solo de várzea sob uso agrícola (milho)	22° 40' 43.59"	45° 42' 57.53"	426451	7491853
P14	São Bento do Sapucaí	Agropecuária (50 e 25%)	22° 43' 17.72"	45° 40' 15.44"	431098	7487144

Os pontos de amostragem do solo foram distribuídos no mapa de uso e ocupação do solo por todos os municípios constituintes da bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira em sua porção paulista, Campos do Jordão, Santo Antônio do Pinhal e São Bento do Sapucaí, sendo selecionados para a caracterização de todos os tipos de solo e dos diferentes usos e ocupação, de forma estratégica, sendo representativos desta bacia (Figura 6).

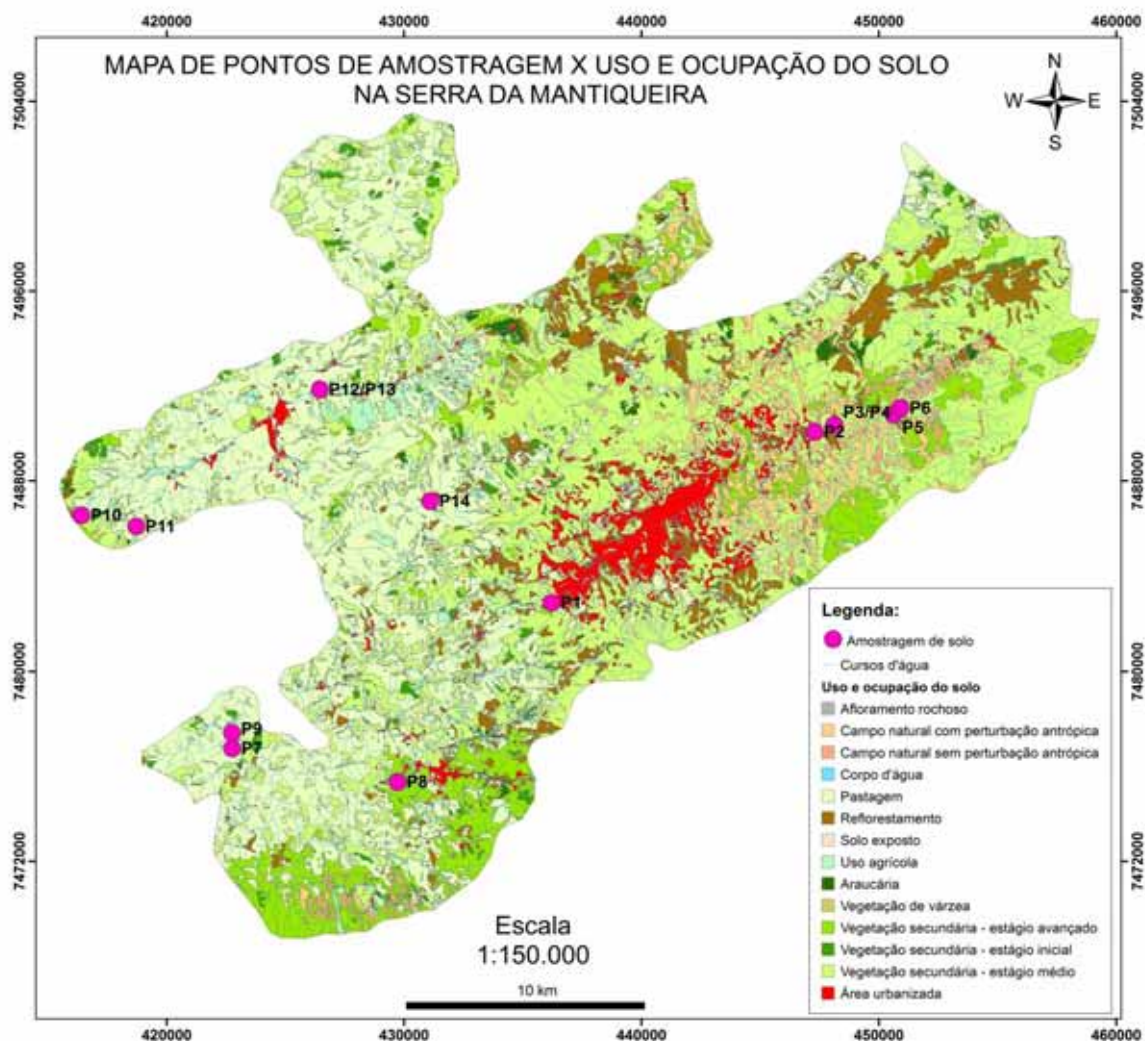


Figura 6 Pontos de amostragem de solo sob diferentes usos e ocupação dos solos da bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira, porção paulista (Adaptado de SMA/IF, 2008).

As amostras dos solos foram retiradas na profundidade de 0-20 cm para a realização das análises químicas e físicas, necessárias à identificação das limitações referentes a cada classe de capacidade de uso das terras. Estas análises foram realizadas no laboratório de análises de solo e plantas do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade de Taubaté, seguindo as metodologias de análise descritas no Boletim Técnico 100 (Raij et al., 1997). O pH foi determinado em  $\text{CaCl}_2$ ; P, K, Ca e Mg foram extraídos pelo método da Resina. A matéria orgânica foi determinada em ácido sulfúrico. Zinco, Cu, Mn e Fe foram extraídos por DTPA. Os valores de CTC a pH 7,0 (T), soma de bases (S) e a porcentagem de saturação por bases (V%), foram obtidos de forma indireta, utilizando os valores de acidez potencial e bases trocáveis.

### 4.3.2. Aplicação do Sistema de capacidade de uso das terras

A determinação da capacidade de uso das terras teve como base o sistema desenvolvido por Klingebiel e Montgomery (1961) do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos, adaptado por Lepsch et al. (1991) para as condições brasileiras. Neste sistema se inserem as características dos solos, a declividade do terreno, os fatores limitantes ao uso da terra e outras características gerais da área de estudo. O sistema é composto por quatro níveis categóricos: grupo, classe, subclasse e unidade de capacidade de uso (Figura 7).

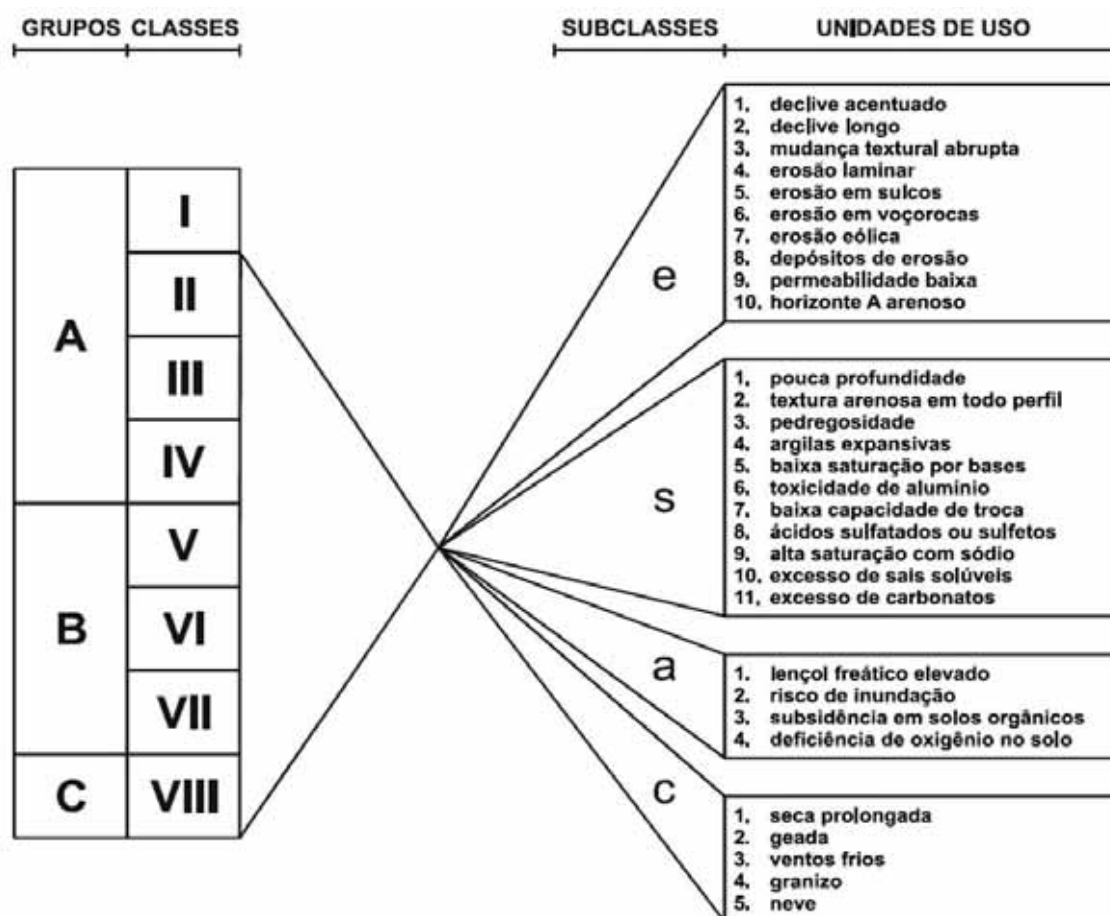


Figura 7 Distribuição dos níveis categóricos do Sistema de Capacidade de Uso das Terras em: grupos, classes, subclasses e unidades de capacidade de uso (LEPSCH et al., 1991).

O Sistema de Capacidade de Uso das Terras se baseia nas limitações permanentes dos solos e é todo voltado para as possibilidades e limitações à utilização destes. A intensidade de uso representa a maior ou menor mobilização imposta ao solo, expondo-o a certos riscos de erosão e/ou perda da produtividade. Normalmente o uso com culturas anuais impõe alta intensidade de uso, enquanto com vegetação natural os riscos são bem menores. As categorias deste sistema são:

- Grupos de Capacidade de Uso (A, B e C);
- Classes de Capacidade de Uso (I a VIII);
- Subclasses de Capacidade de Uso (IIe, IIIe, IIIa, etc) e;
- Unidade Capacidade de Uso (IIe-1, IIe-2, IIIe-1, etc), baseadas em condições específicas que afetam o uso e o manejo dos solos.

Os três grupos, que constituem o nível mais elevado, mais generalizado e estabelecido com base em uma maior ou menor intensidade de uso dos solos, são caracterizados pelas letras A, B e C constituídos pelas classes de capacidade de uso como descrito a seguir.

**a) Grupo A** – Terras próprias para lavouras anuais ou perenes e/ou reflorestamento e vida silvestre, que comporta as classes:

Classe I – sem práticas especiais;

Classe II – com práticas simples;

Classe III – com práticas intensivas;

Aqui também devem estar incluídas aquelas terras que são boas para lavouras em condições limitadas ou esporádicas como é o caso da classe a seguir:

Classe IV - com uso limitado e práticas intensivas.

**b) Grupo B** – Terras impróprias para lavouras, mas ainda apropriadas ao pastoreio e/ou reflorestamento e/ou vida silvestre e compreende as classes:

Classe V – sem restrições especiais ou práticas especiais;

Classe VI – com restrições moderadas; e

Classe VII – com severas restrições de uso.

**c) Grupo C** – Terras impróprias para a lavoura, pastoreio e silvicultura, porém apropriadas para a proteção da flora, da fauna, recreação ou armazenamento de água e compreende a classe:

Classe VIII – Terras, em geral, de áreas extremamente acidentadas, arenosas, úmidas ou áridas, impróprias para culturas anuais e perenes, apascentamento ou safras florestais, mas que podem ter valor como refúgio da fauna silvestre, recreação, etc.

As subclasses de capacidade de uso estão representadas em função da natureza das limitações, possibilitando assim, que as práticas ou grupo de práticas conservacionistas a serem adotadas sejam mais explícitas.

Convencionalmente as limitações de uso podem ser de diferentes naturezas, a saber:

**e:** limitações pela erosão presente ou risco de erosão;

**s:** limitações relativas ao solo (pedregosidade, rochiosidade, profundidade efetiva e disponibilidade de água);

**a:** limitações por excesso de água (risco de inundação, lençol freático elevado, subsidência em solos orgânicos, deficiência de oxigênio no solo);

**c:** limitações relativas ao clima (geada).

Estas limitações estão incluídas dentro de cada classe de capacidade de uso das terras, que devem conter as unidades de capacidade de uso que tornam mais explícita a natureza das limitações. Dessa forma, a unidade de capacidade de uso representa a subclasse perfeitamente qualificada, em função do fator limitante, à semelhança dos exemplos a seguir:

III<sub>s</sub>-1: limitações devidas a profundidade efetiva;

III<sub>s</sub>-3: limitações por pedregosidade;

III<sub>s</sub>-10: limitações por salinidade;

III<sub>e</sub>-1: limitação por declividade;

III<sub>e</sub>-4: limitações por erosão laminar;

III<sub>e</sub>-5: limitações por erosão em sulco.

Uma vez inventariados os fatores que apresentam maior influência sobre o uso das terras, onde destacam-se a natureza do solo, declividade, erosão, drenagem e clima, estes foram interpretados e analisados em conjunto, para a determinação e separação das classes, subclasses e unidades de capacidade de uso das terras. As interpretações para fins agrícolas do levantamento do meio físico devem ser feitas considerando os critérios que refletem a maior ou menor adaptabilidade dos solos e do ambiente para um cultivo ou grupo de cultivos.

De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1990) a classe VIII corresponde a terras impróprias para qualquer tipo de cultivo, pastagens ou reflorestamento, que devem ser utilizadas para proteção e abrigo da fauna e flora silvestre, para fins de recreação e turismo. Em geral, são áreas que devem ser preservadas por fragilidade ambiental, decorrente de condições especiais de solo e/ou relevo e/ou clima. No presente trabalho adotou-se a Classe “VIII” para caracterizar essas áreas, que devem ser preservadas por fragilidade ambiental, e para áreas de preservação permanente (APPs) hídricas.

#### **4.3.3. Mapa de Adequação das áreas**

Para a adequação das áreas da bacia foram utilizadas as informações do banco de dados do meio físico e dos levantamentos de campo, seguindo as metodologias desenvolvidas

por Lagrotti (2000) e Calhau (2005). Utilizando o software ArcGIS® versão 10.1, foi realizada a intersecção (ferramenta *intersect*) dos mapas de uso e ocupação do solo com o de capacidade de uso do solo, gerando o mapa de adequação das áreas, onde foram delimitadas as áreas adequadas, subutilizadas e inadequadas, respeitando a capacidade de uso dos solos.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Caracterização pedológica da bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira

Considerando os levantamentos de campo e o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da EMBRAPA (2009), as principais classes de solo encontradas na UGRHI-1 foram: Cambissolos Háplicos (CX), Cambissolos Húmicos (CH) e Neossolos Litólicos (RL) associados a afloramentos rochosos, nas regiões de relevo acidentado da bacia e os Neossolos Flúvicos (RU), nas regiões planas próximas aos cursos d'água, cuja distribuição espacial pode ser observada no mapa da Figura 8.

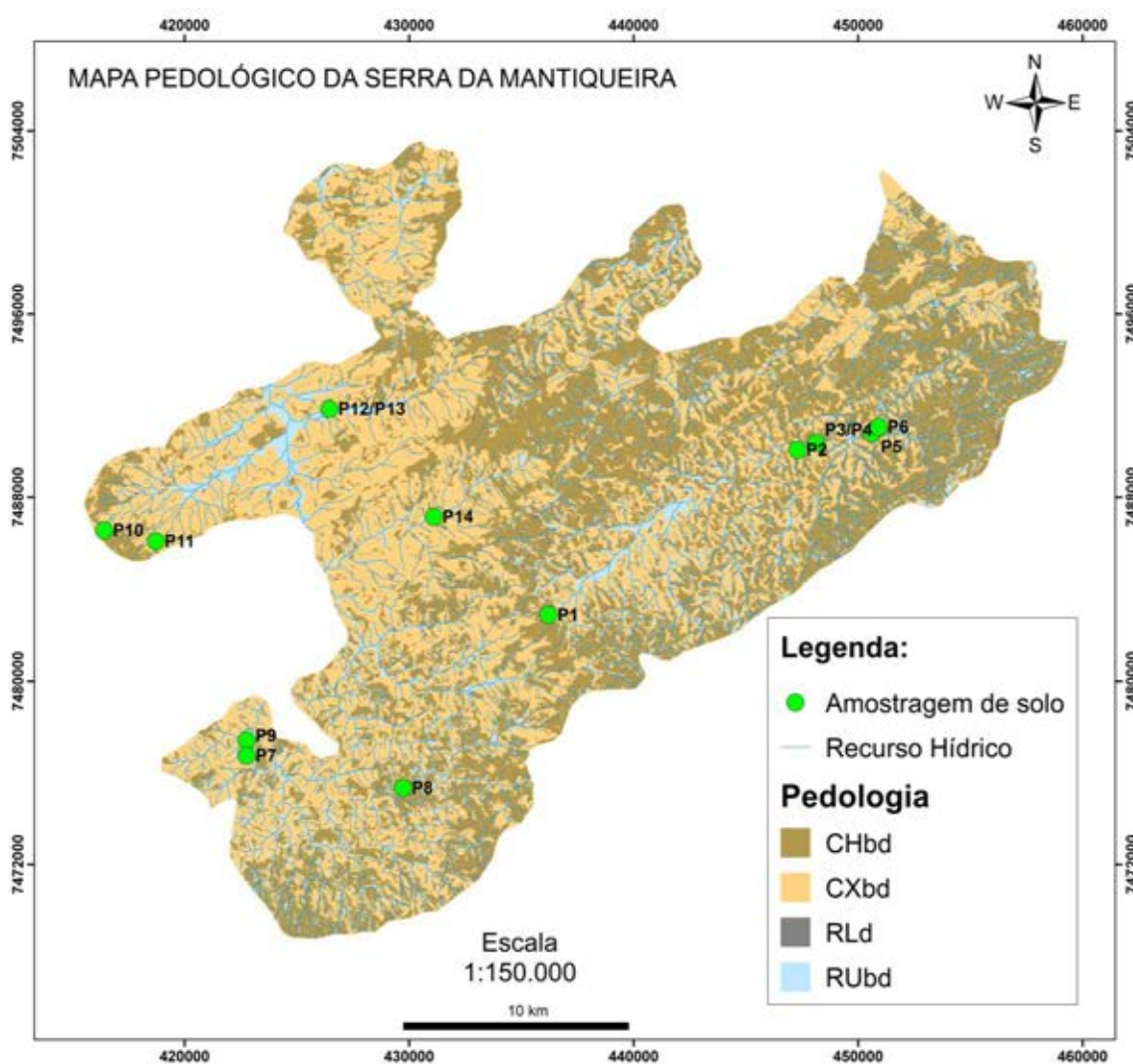


Figura 8 Pedologia da bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira - UGRHI 1.

Verificou-se na Tabela 6 que na bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira - UGRHI 1 predominam os Cambissolos Háplicos e Húmicos que totalizam 90,97%, seguidos depois



pelos Neossolos Flúvicos e Litólicos com 9,03%. No mapa pedológico do Instituto Agrônomo de Campinas - IAC, foram encontrados Latossolos na bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira, trecho paulista, não correspondendo à realidade dos solos existentes na região.

Tabela 6 Distribuição das Classes de Solo da bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira (UGRHI 1).

<b>Classes de solo da UGRHI 1</b>	<b>Simbologia</b>	<b>Área km<sup>2</sup></b>	<b>Área %</b>
Cambissolo Húmico Tb distrófico	CHbd	293,21	43,40
Cambissolo Háptico Tb distrófico	CXbd	321,38	47,57
Neossolo Flúvico Tb distrófico	RUbd	53,51	7,92
Neossolo Litólico distrófico	RLd	7,50	1,11
<b>Área total</b>		<b>675,60</b>	<b>100,00</b>

As características morfológicas dos diferentes tipos de solo identificados na bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira - UGRHI 1 podem ser observadas na Figura 9.

Conforme os resultados apresentados na Tabela 7, verificou-se que os solos da bacia da Serra da Mantiqueira apresentam, em geral, textura arenosa e em alguns casos (P07, P08, P10 e P12), apresentam textura silto-arenosa, típica de solos jovens e com estrutura física pouco desenvolvida, geralmente com baixa capacidade de agregação do solo. Os solos de textura arenosa ou silto-arenosa, em regiões de elevada declividade, como ocorre nesta bacia, podem favorecer os processos erosivos, principalmente, se forem usados para o desenvolvimento de atividades econômicas, que necessitem de mecanização, como a agricultura ou se forem submetidos ao pisoteio animal, em solos sob pastagens. Nesse caso, destacam-se o ponto 3 (P03), no município de Campos do Jordão e o ponto 14 (P14), no município de São Bento do Sapucaí, que apresentam 822 g kg<sup>-1</sup> e 740 g kg<sup>-1</sup> de areia, respectivamente e são ocupados por pastagens utilizadas na pecuária. Embora as pastagens não sejam frequentemente mecanizadas, se não forem utilizadas de forma adequada, com aplicação de corretivos e fertilizantes, adoção de medidas conservacionistas e respeitando a lotação ideal, dos animais, podem apresentar desequilíbrios ambientais, com a queda da qualidade física, química e biológica do solo. Além disso, em geral, os solos analisados apresentaram elevada acidez, com valores de pH que variaram de 3,7 a 6,0 e baixa fertilidade, não sendo observado melhor qualidade de solos nas áreas mais conservadas como as matas e/ou florestas naturais.



Figura 9 Principais classes de solo da bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira (UGRHI-1): A) Cambissolo Húmico (CH), B) Cambissolos Háplicos (CX), C) Afloramento rochoso e D) Neossolo Litólico (RL) E) Neossolos Flúvicos (RU).

Tabela 7 Parâmetros físicos e químicos<sup>1</sup> do solo sob a influência de diferentes usos e ocupação<sup>1</sup> na bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira (SP).

Pontos de Coleta <sup>1,2</sup>	Textura			pH <sub>CaCl2</sub>	MO g dm <sup>-3</sup>	Macronutrientes				H+Al	S	T	V %	Micronutrientes			
	argila	silte	areia			P	K	Ca	Mg					Cu	Fe	Mn	Zn
	-----g kg <sup>-1</sup> -----					mg dm <sup>-3</sup>	-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----							----- mg dm <sup>-3</sup> -----			
P01-CX	340	250	410	3,7	93	10	2,0	5	3	214	10,0	224,0	4	0,3	140	0,9	0,5
P02-RU	248	162	590	5,7	42	3	1,8	50	15	27	66,8	93,8	71	0,8	49	3,0	3,5
P03-RU	107	71	822	4,1	22	2	1,9	4	2	37	7,9	44,9	18	0,1	130	1,3	0,4
P04-RU	216	184	600	4,9	29	6	3,6	20	8	36	31,6	67,6	47	1,1	47	3,9	0,6
P05-CH	173	168	659	4,2	39	3	2,4	7	5	88	14,4	102,4	14	0,6	114	2,0	0,4
P06-CH	309	259	432	3,9	47	8	2,3	9	5	108	16,3	124,3	13	0,3	123	7,8	1,0
P07-RU	281	362	357	4,1	59	8	1,8	12	3	97	16,8	113,8	15	0,8	117	7,3	1,2
P08-CX	308	499	193	5,1	33	11	2,1	33	11	40	46,1	86,1	54	2,4	94	7,9	2,3
P09-CX	251	146	603	5,2	23	52	2,7	35	10	29	47,7	76,7	62	3,9	89	22,3	1,9
P10-RL	319	417	264	4,4	62	6	3,0	19	4	102	26,0	128,0	20	0,6	88	13,3	1,1
P11-RL	328	208	464	4,2	42	19	1,8	13	3	79	17,8	96,8	18	0,5	107	7,7	0,5
P12-RU	226	482	292	5,3	26	11	2,6	25	6	26	33,6	59,6	56	1,0	60	14,3	0,6
P13-RU	135	296	569	6,0	16	25	3,2	34	9	18	46,2	64,2	72	0,9	32	12,9	0,4
P14-RU	114	146	740	4,4	19	13	2,4	13	3	36	18,4	54,4	34	0,7	66	8,7	1,3

<sup>1</sup> Uso e Ocupação: P01 e P02 = Urbanização; P03 e P11 = Pastagem; P04 e P13 = Agricultura (milho); P05 e P06 = matas e/ou florestas naturais; P07 e P10 = agropecuária (25 e 10%); P08 e P09 = pastagens + matas e/ou florestas; P12 = solo de várzea com pastagem; P14 = agropecuária (50 e 25%); S = soma de bases; T = CTC a pH 7; V = porcentagem de saturação por bases; <sup>2</sup> CX = Cambissolo Háplico; CH = Cambissolo Húmico; RU = Neossolo Flúvico, RL = Neossolo Litólico

A quase totalidade dos solos avaliados apresentam textura arenosa e, com exceção dos pontos P02, P08, P09, P12 e P13, que possuem valores de saturação por bases (V%) entre 50-80%, pH entre 5,0 e 6,0 e boa capacidade de troca catiônica (T), todos os demais apresentam baixa V%, baixa T e valores de pH abaixo de 5,0.

## 5.2. Declividade da bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira

Analisando o mapa temático de declividade gerado neste estudo, verificou-se que a bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira - UGRHI 1 apresenta cerca de 80% de sua área sobre relevo forte ondulado a montanhoso, fator que somado a precipitação total média anual superior a 1.500 mm, condicionam o escoamento superficial e aumentam a necessidade de proteção das APPs hídricas e de declividade (Figura 10).

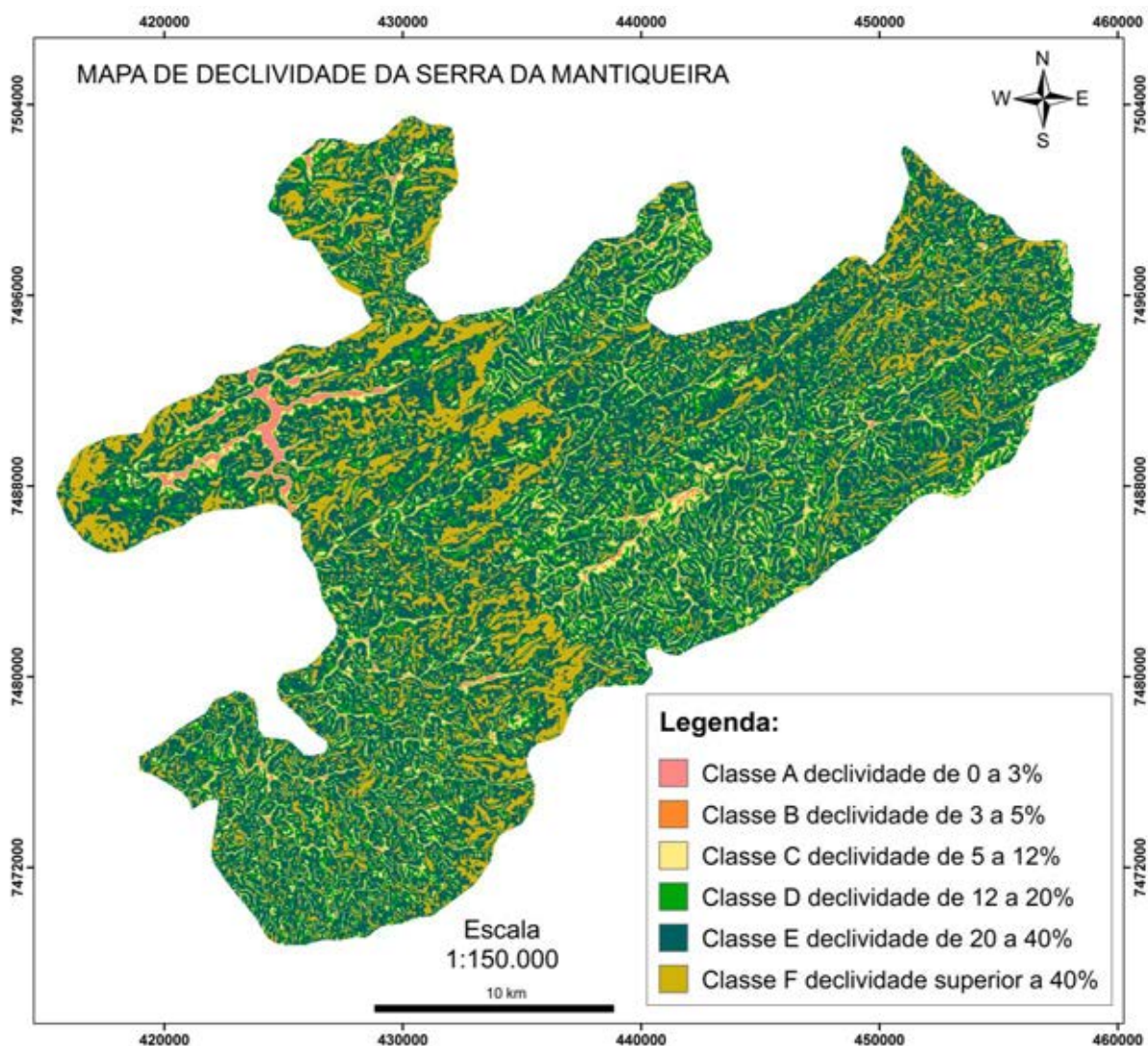


Figura 10 Classes de declividade da bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira - UGRHI 1.

### 5.3. Delimitação das APPs e conflito de uso

O mapa apresentado na Figura 11 demonstra que as APPs hídricas e de declividade cobrem uma área de 100,30 km<sup>2</sup>, o que corresponde a 14,84% da área total da bacia, que é de 675,60 km<sup>2</sup>. Conforme pode ser observado neste mapa, as APPs de declividade correspondem a menos de 1% do total das APPs da bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira (UGRHI 1).



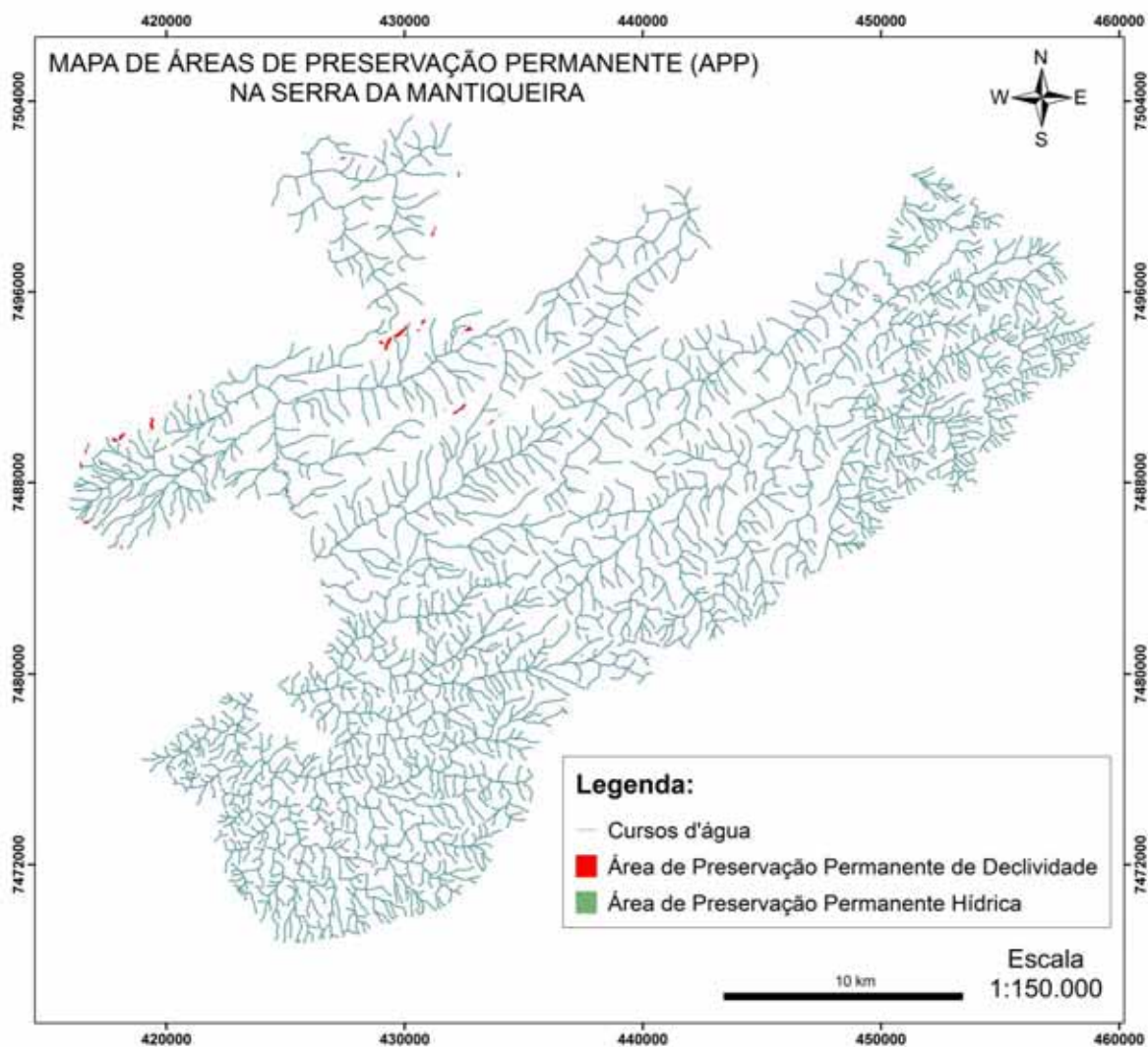


Figura 11 Áreas de preservação permanente (APPs) hídricas e de declividade da Bacia Hidrográfica da Serra da Mantiqueira – UGRHI 1.

Na tabela 8 pode ser observado que os principais usos do solo nas APPs hídricas são a vegetação secundária em estágio médio (41,58%), seguida das pastagens (31,48%) e vegetação secundária avançada (11,49%) e o reflorestamento (5,29%) e nas APPs de declividade são, a vegetação secundária em estágio médio (71,01%), seguida das pastagens (15,94%) e afloramento rochoso (4,35%).

Tabela 8 Áreas de Preservação Permanente (APPs) hídricas e de declividade da bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira (UGRHI 1).

Uso e Ocupação do solo da UGRHI 1	APPs hídricas		APPs de declividade	
	Área (km <sup>2</sup> )	% do Total	Área (km <sup>2</sup> )	% do Total
Afloramento rochoso	-	-	0,03	4,35
Campo natural com perturbação antrópica	1,12	1,12	-	-
Campo natural sem perturbação antrópica	0,59	0,59	-	-
Corpo d'água	0,12	0,12	-	-
Pastagem	31,35	31,48	0,11	15,94
Reflorestamento	5,27	5,29	0,01	1,45
Solo exposto	0,01	0,01	-	-
Uso agrícola	2,38	2,39	0,01	1,45
Araucária	0,52	0,52	-	-
Vegetação de várzea	0,48	0,48	-	-
Vegetação secundária – estágio avançado	11,44	11,49	0,02	2,90
Vegetação secundária – estágio inicial	1,21	1,21	0,02	2,90
Vegetação secundária – estágio médio	41,41	41,58	0,49	71,01
Área urbanizada	3,71	3,72	-	-
<b>Total</b>	<b>99,61</b>	<b>100,00</b>	<b>0,69</b>	<b>100,00</b>

Conforme os dados da Tabela 9, dos 43,84 km<sup>2</sup> das APPs hídricas, cerca de 71,51% são ocupados por pastagens, 12,02% por reflorestamento, 8,46% com urbanização, 5,43% com uso agrícola, 2,56% por campo natural com perturbação antrópica e 0,02% com solo exposto, e, dos 0,13 km<sup>2</sup> das APPs de declividade cerca de 84,62% são ocupados por pastagens, 7,49% por reflorestamento e 7,49% com uso agrícola, usos que não atendem ao que estabelece o Código Florestal brasileiro, instituído pela Lei 12.651/12.

Tabela 9 Conflito do uso do solo nas APPs hídricas e de declividade da bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira - UGRHI 1.

Uso Conflitante do solo da UGRHI 1	APPs hídricas		APPs de declividade	
	Área (km <sup>2</sup> )	% do Total	Área (km <sup>2</sup> )	% do Total
Afloramento rochoso	-	-	-	-
Campo natural com perturbação antrópica	1,12	2,56	-	-
Campo natural sem perturbação antrópica	-	-	-	-
Corpo d'água	-	-	-	-
Pastagem	31,35	71,51	0,11	84,62
Reflorestamento	5,27	12,02	0,01	7,69
Solo exposto	0,01	0,02	-	-
Uso agrícola	2,38	5,43	0,01	7,69
Araucária	-	-	-	-
Vegetação de várzea	-	-	-	-
Vegetação secundária – estágio avançado	-	-	-	-
Vegetação secundária – estágio inicial	-	-	-	-
Vegetação secundária – estágio médio	-	-	-	-
Área urbanizada	3,71	8,46	-	-
<b>Total</b>	<b>43,84</b>	<b>100,00</b>	<b>0,13</b>	<b>100,00</b>

Verificou-se que os usos conflitantes relacionados às APPs ocupam 43,97% de toda a área delimitada como APPs, dos quais somente 0,13% estão em APPs de declividade (Figura 12).

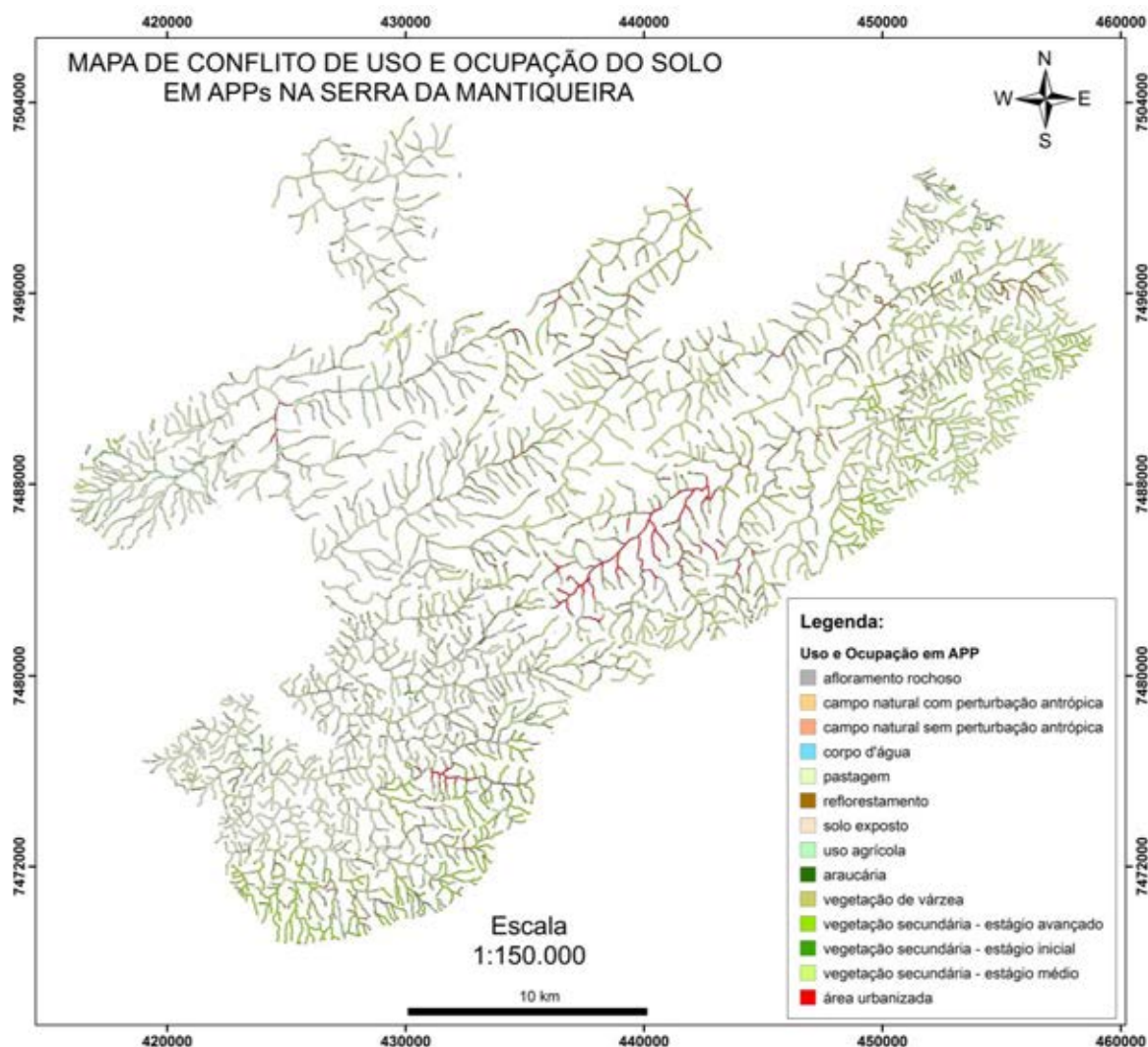


Figura 12 Conflito do uso do solo nas APPs hídricas e de declividade da bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira - UGRHI 1.

Na bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira, as pastagens representam o maior percentual de uso conflitante nas APPs hídricas e de declividade, evidenciando o depauperamento dos fragmentos florestais o que pode interferir diretamente no ciclo hidrológico, alterando o processo de infiltração de água nos solos e contribuir para a ocorrência dos processos erosivos e, conseqüentemente, para o assoreamento dos cursos d'água e a escassez de água na bacia.

Pinto et al. (2005) também verificaram que as pastagens representaram o uso predominante (62,41%), na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, em Lavras (MG), sendo responsável por 84,57% dos 11,04% de uso conflitante nas APPs. Estes autores

relataram que mais de 70% das APPs de declividade estavam sendo ocupadas por pastagens e que, apesar destas APPs representarem uma área restrita da bacia, são de extrema importância para a conservação do solo e da água. Neste sentido, Adami et al. (2012) aplicaram métodos de análise multicriteriais em SIG para a priorização de APPs visando à recuperação da vegetação, estabelecendo prioridade para as áreas de maior declividade, solos mais rasos e mais suscetíveis aos processos erosivos.

No caso da bacia da Serra da Mantiqueira é imprescindível a elaboração de um plano de recomposição vegetal das APPs, considerando que o uso inadequado do solo pode refletir na quantidade e na qualidade dos recursos naturais desta bacia.

#### 5.4. Classes de capacidade de uso do solo da bacia da Serra da Mantiqueira

Por meio do cruzamento da base de dados do meio físico foi gerado o mapa apresentado na Figura 13, resultando em 07 classes de capacidade de uso: Classe II, Classe III, Classe IV, Classe V, Classe VI, Classe VII e Classe VIII.

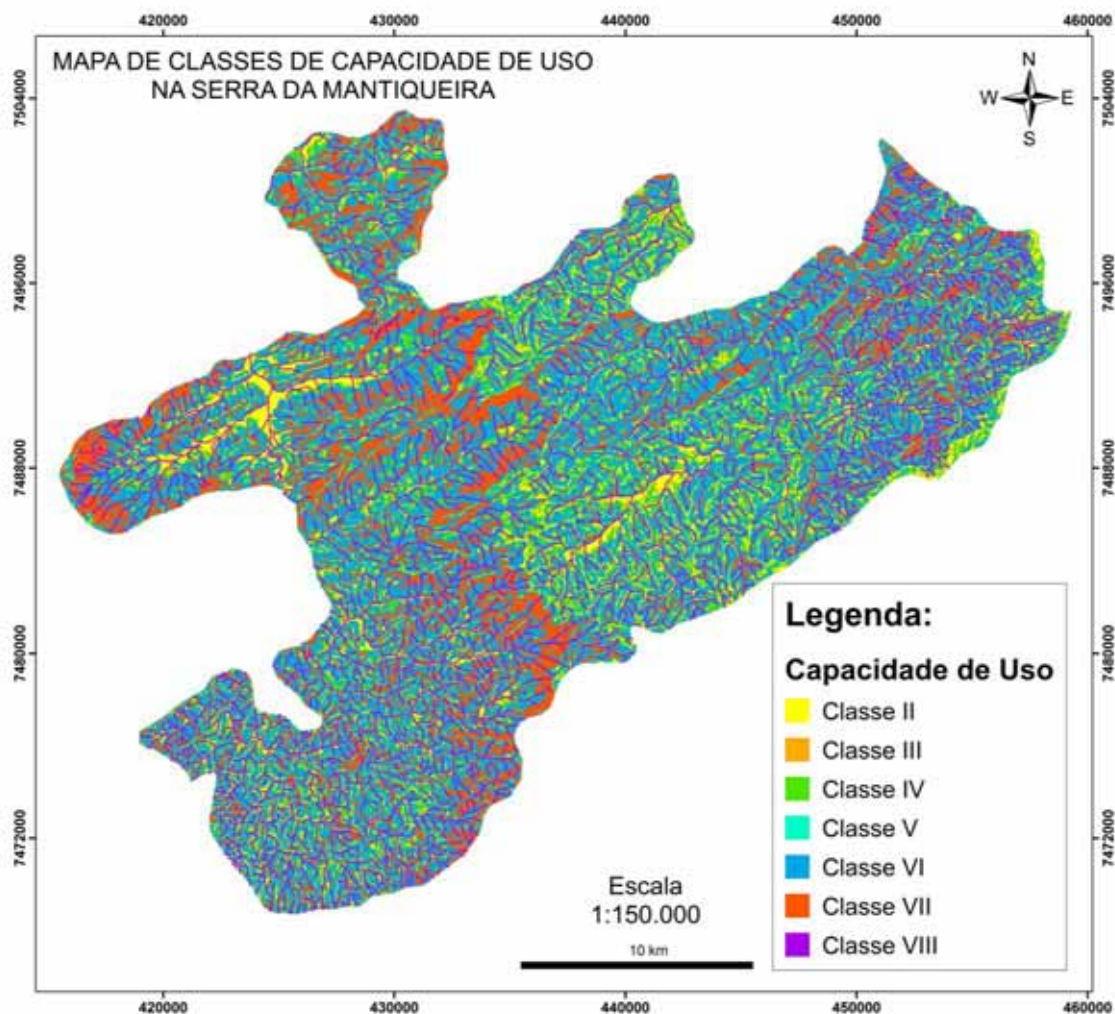


Figura 13 Classes de capacidade de uso do solo da bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira - UGRHI 1.



Na Tabela 10 estão apresentadas as classes de capacidade de uso do solo determinadas na bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira, verificou-se que as classes variam entre II e VIII.

Tabela 10 Distribuição das classes de uso do solo da bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira – UGRHI 1.

<b>Classes de solo</b>	<b>Área km<sup>2</sup></b>	<b>Área %</b>
Classe II	14,69	2,17
Classe III	16,31	2,41
Classe IV	101,73	15,06
Classe V	35,98	5,33
Classe VI	296,60	43,91
Classe VII	109,99	16,28
Classe VIII	100,30	14,84
<b>Área total</b>	<b>675,60</b>	<b>100,00</b>

Os Cambissolos ocupam cerca de 91% da área total da bacia e ocorrem nas Classes IV a VIII, não sendo favoráveis ao uso agropecuário devido principalmente ao fato de serem pouco profundos e, muitas vezes, cascalhentos, sendo solos que possuem minerais primários e altos teores de silte, até mesmo nos horizontes superficiais. Este alto teor de silte e a pouca profundidade fazem com que estes solos tenham permeabilidade muito baixa, e como consequência, risco de erosão. Devido à baixa permeabilidade, sulcos são facilmente formados nestes solos pela enxurrada e agravados pelo pisoteio animal, quando utilizados sob pastagens.

Já os Neossolos Flúvicos, ocorrem nas Classes de II a VIII, nos ambientes de várzeas, planícies fluviais e terraços aluvionares, ao longo das linhas de drenagens, podendo estar associados a Cambissolos Flúvicos, como ocorre na bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira. Estes solos possuem restrições como riscos de inundação, baixa fertilidade natural, excesso de umidade, podendo apresentar limitações à mecanização quando apresentam textura muito fina. Quando estes solos apresentam textura média, possuem boa drenagem, oferecem elevado potencial para o uso agropecuário.

Nas Classes V a VIII, ocorrem os Neossolos Litólicos que, e em alguns casos, estão associados à exposição de rocha, apresentando limitações ao uso relacionadas a pouca profundidade e a declividade acentuada. Estas características limitam o crescimento radicular, o uso de máquinas agrícolas e elevam o risco de erosão.

Foram identificadas na bacia as subclasses: e – limitações pela erosão presente e/ou risco de erosão; s – limitações relativas ao solo; a – limitações por excesso de água e c –

limitações climáticas. Quanto às unidades de solo foram identificadas: e1 – declividade acentuada; e2 – declive longo; e4 – erosão laminar; e5 – erosão em sulcos; e8 – depósitos de erosão; e9 – permeabilidade baixa; e10 – horizonte A arenoso; s1 – pouca profundidade; s2 – textura arenosa em todo perfil; s3 – pedregosidade; s5 – baixa saturação por bases; s7 – baixa capacidade de troca; a1 – lençol freático elevado; a2 – risco de inundação; a4 – deficiência de oxigênio no solo; c2 – geada; c3 – ventos frios, e apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 Distribuição das classes de capacidade de uso das terras nas diferentes classes de solo da bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira – UGRHI 1.

GRUPO	CLASSES DE CAPACIDADE DE USO DA TERRA <sup>1</sup>	CLASSES DE SOLO – PONTOS DE COLETA			
		Cambissolo Háplico (CX)	Cambissolo Húmico (CH)	Neossolo Flúvico (RU)	Neossolo Litólico (RL)
A	IIe8,10;s1,2;;a1,2,4;c2	-	-	P02, P12, P13	-
	IIe8,10;s1,2,5,7;a1,2,4;c2	-	-	P03, P04, P07, P14	-
	IIIe8,10;s1,2;;a1,2,4;c2	-	-	P02, P12, P13	-
	IIIe8,10;s1,2,5,7;a1,2,4;c2	-	-	P03, P04, P07, P14	-
	IVe8,10;s1,2;a1,2,4;c2	-	-	P02, P12, P13	-
	IVe8,10;s1,2,5,7;a1,2,4;c2	-	-	P03, P04, P07, P14	-
	IV-e1,2,4,5,9,10;s1,2,3;c2,3	P08, P09	-	-	-
	IV-e1,2,4,5,9,10;s1,2,3,5,7;c2,3	P01	P05, P06	-	-
B	Ve9;s1,2,3,5,7	-	-	-	P10, P11
	Ve8,10;s1,2,3;a1,2,4;c2	-	-	P02, P12, P13	-
	Ve8,10;s1,2,3,5,7;a1,2,4;c2	-	-	P03, P04, P07, P14	-
	V-e1,2,4,5,9,10;s1,2,3;c2,3	P08, P09	-	-	-
	V-e1,2,4,5,9,10;s1,2,3,5,7;c2,3	P01	P05, P06	-	-
	VIe9;s1,2,3,5,7	-	-	-	P10, P11
	VIe8,10;s1,2,3;a1,2,4;c2	-	-	P02, P12, P13	-
	VIe8,10;s1,2,3,5,7;a1,2,4;c2	-	-	P03, P04, P07, P14	-
	VI-e1,2,4,5,9,10;s1,2,3;c2,3	P08, P09	-	-	-
	VI-e1,2,4,5,9,10;s1,2,3,5,7;c2,3	P01	P05, P06	-	-
	VIIe9;s1,2,3,5,7	-	-	-	P10, P11
	VIIe8,10;s1,2,3;a1,2,4;c2	-	-	P02, P12, P13	-
	VIIe8,10;s1,2,3,5,7;a1,2,4;c2	-	-	P03, P04, P07, P14	-
	VII-e1,2,4,5,9,10;s1,2,3;c2,3	P08, P09	-	-	-
VII-e1,2,4,5,9,10;s1,2,3,5,7;c2,3	P01	P05, P06	-	-	
C	VIII	P01, P08, P09	P05, P06	P02, P03, P04, P07, P12, P13, P14	P10, P11

<sup>1</sup> Classes de capacidade de uso das terras, conforme metodologia de Lepsch et al. (1991).

Foi possível verificar que os pontos P02, P03, P04, P07, P12, P13 e P14, pertencem às áreas ocupadas por Neossolos Flúvicos, representam 7,92% da área da bacia e que, por suas características abrange os Grupos A, B e C e as Classes de II a VIII do Sistema de Classificação da capacidade de uso das terras, apresentando em algumas situações, um enorme potencial para o desenvolvimento de atividades agrícolas, e em alguns casos limitações, que são intrínsecas aos solos de várzea, como lençol freático elevado e risco de inundação, além de se comportarem como depósitos de sedimentos do processo erosivo. Além destas limitações comuns a todos os solos de várzea, apresentam baixa fertilidade, caracterizada pela baixa capacidade de troca catiônica (T), baixa saturação por bases (V%), elevada acidez (baixo pH) e baixo teor de matéria orgânica (M.O.). Além disso, estes solos se encontram em áreas sujeitas à geada.

Os Neossolos Litólicos presentes nos pontos P10 e P11 representam apenas 1,11% da área e pertencem aos Grupos B e C do Sistema de Classificação de capacidade de uso das terras, com a ocorrência das classes V, VI e VII. São solos constituídos por fragmentos de rocha e, portanto, são impróprios para o cultivo de lavouras. Estes solos apresentam baixa permeabilidade, pouca profundidade, baixa saturação por bases e baixa capacidade de troca catiônica.

Os pontos P01, P05, P06, P08 e P09 são constituídos por Cambissolos Háplicos e Húmicos, que juntos ocupam cerca de 91% da área da bacia. Estes solos são solos pouco desenvolvidos e apresentam minerais primários em seu perfil, podendo ser rasos ou profundos e ocorrem em terrenos de declive acentuado e com presença de pedregosidade. Estes solos podem fazer parte do Grupo A somente na classe IV, que se refere a solos de uso limitado e com necessidade da adoção de práticas intensivas. Também podem pertencer ao Grupo B, nas classes V, VI e VII, com usos restritos e ao grupo C na classe VIII. O uso destes solos para atividades agropecuárias é ainda mais restrito nos pontos P01, P05 e P06, por estes possuírem baixo teor de matéria orgânica, baixa saturação por bases e baixa capacidade de troca catiônica. Nos pontos P08 e P09, cobertos por pastagens, os valores de matéria orgânica, saturação por bases e capacidade de troca catiônica são mais elevados.

Na Classe VIII estão as APPs hídricas e de declividade, ocupando 14,84% de toda a área, correspondente a 100,30 km<sup>2</sup>, da área total da bacia. Esta classe de capacidade de uso das terras está presente nos quatro tipos de solos encontrados na amostragem da bacia. São áreas consideradas impróprias para culturas, pastagens e reflorestamento, devendo ter seu uso restrito para fins de armazenamento de água, como ambiente para recreação e como abrigo e conservação da fauna silvestre. De acordo com Campos et al. (2005) as áreas de matas vêm se

tornando cada vez mais escassas, sendo estas ocupadas por pastagens. Segundo estes autores algumas ações vêm se desenvolvendo sem planejamento, com métodos inadequados e cortes indiscriminados de coberturas naturais remanescentes e sem estudos sobre impactos ambientais que, certamente, acarretarão em processos erosivos e, conseqüentemente, em assoreamento dos cursos d'água. Grande parte da área das APPs hídricas está sendo utilizada de maneira indevida, principalmente por pastagens, e por serem áreas frágeis e de grande importância para a manutenção ambiental da bacia, devem ser reflorestadas e mantidas.

### 5.5. Adequação das áreas do solo da bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira

A partir do cruzamento de dados do uso e ocupação atual e das classes de capacidade de uso do solo da bacia da Serra da Mantiqueira, foram delimitadas as áreas adequadas, subutilizadas e inadequadas (Figura 14).

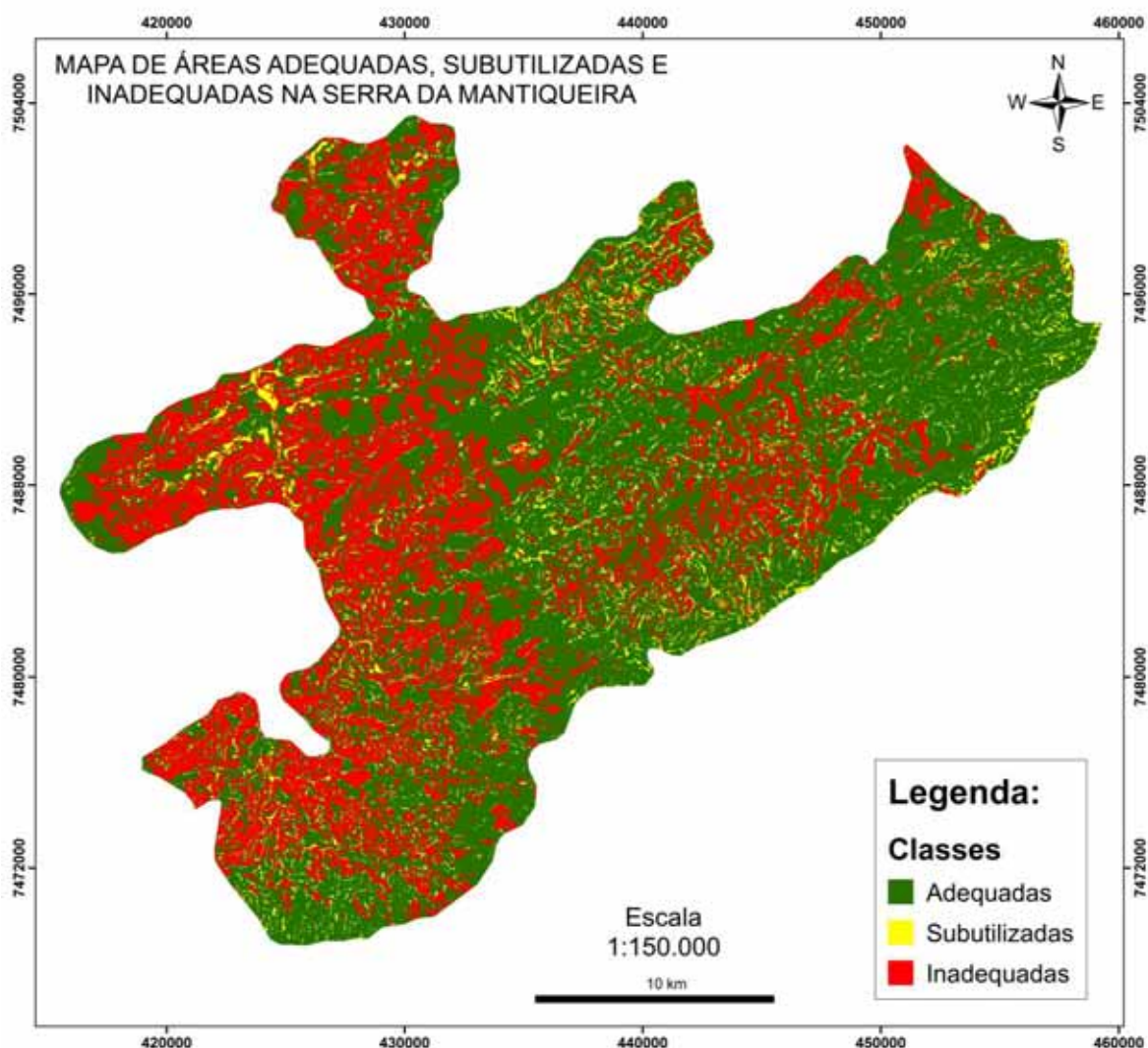


Figura 14 Áreas adequadas, subutilizadas e inadequadas na bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira - UGRHI 1.

A distribuição das classes de capacidade de uso enquadradas nas categorias adequadas, subutilizadas e inadequadas está apresentada no Quadro 2.

Quadro 2 Distribuição das áreas subutilizadas, adequadas e inadequadas da bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira - UGRHI 1.

Uso e Ocupação do solo da UGRHI 1	Áreas - Classes de Uso		
	Subutilizada	Adequada	Inadequada
Afloramento rochoso	-	II, III, IV, V, VI, VII e VIII	-
Campo natural com perturbação antrópica	-	-	II, III, IV, V, VI, VII e VIII
Campo natural sem perturbação antrópica	-	II, III, IV, V, VI, VII e VIII	-
Corpo d'água	-	II, III, IV, V, VI, VII e VIII	-
Pastagem	II	III e IV	VI, VII e VIII
Reflorestamento	IV	VI e VII	II, III e VIII
Solo exposto	-	-	II, III, IV, V, VI, VII e VIII
Uso agrícola	-	II, III e IV	-
Araucária	-	II, III, IV, V, VI, VII e VIII	-
Vegetação de várzea	II e III	V	-
Vegetação secundária – estágio avançado	II e III	IV, V, VI, VII e VIII	-
Vegetação secundária – estágio inicial	II e III	IV, V, VI, VII e VIII	-
Vegetação secundária – estágio médio	II e III	IV, V, VI, VII e VIII	-
Área urbanizada	-	II, III e IV	VI, VII e VIII

Os dados apresentados na Tabela 11 evidenciam que mais de 62% da área total da bacia da Serra da Mantiqueira está sendo utilizada de maneira adequada, respeitando as restrições de cada classe de capacidade e 6,44% estão sendo subutilizadas, não sendo aproveitados todo o potencial existente.

Uma área significativa, 31,50% da bacia, está sendo utilizada de maneira inadequada, principalmente em áreas caracterizadas como Classe VIII de capacidade de uso, não atendendo o que estabelece o código florestal vigente.

Tabela 11 Áreas de adequação do uso do solo na bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira - UGRHI 1.

Classes	Área	
	km <sup>2</sup>	%
Adequadas	419,27	62,06
Subutilizadas	43,48	6,44
Inadequadas	212,85	31,50
<b>Área total</b>	<b>675,60</b>	<b>100,00</b>

Nas áreas subutilizadas se enquadram os usos de pastagem, reflorestamento, vegetação típica de várzea e vegetação secundária nos três estágios, inicial, médio e avançado, onde

poderiam ser melhor aproveitadas para o uso agropecuário. Em áreas inadequadas foram identificados os campos naturais com perturbação antrópica, pastagem, reflorestamento, solo exposto e urbanização, que deveriam ser preservadas por serem, em sua maioria, APPs. Ferreira (2011) também identificou que na bacia hidrográfica do ribeirão Guaratinguetá, as áreas ocupadas com cobertura florestal e pastagem estavam sendo subutilizadas, e áreas inadequadas estavam sendo ocupadas por agricultura, pastagem e urbanização, principalmente em APPs. Esse resultado evidencia que o uso inadequado do solo, principalmente por pastagens, é característico da região do Vale do Paraíba, que vem passando por vários ciclos, desde o café, cana de açúcar e atualmente pelo ciclo agropecuário, considerando que a bacia do Rio Paraíba do Sul é tipicamente de produção leiteira.

## 6. CONCLUSÕES

- As ferramentas do Sistema de Informações Geográficas (SIG), utilizando os softwares ArcGIS®, versão 10.1 e SPRING, versão 5.0, foram eficientes para identificar e quantificar os usos do solo da bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira - UGRHI 1, delimitar espacialmente as APPs e as classes de capacidade de uso do solo que não atendem ao Código Florestal e à capacidade suporte do solo.

- A bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira - UGRHI 1 apresenta 100,30 km<sup>2</sup> de sua área em APPs, correspondente a 14,84% da área total da bacia (675,60 km<sup>2</sup>), onde 43,97 km<sup>2</sup>, representados principalmente por pastagem, encontram-se com uso conflitante ao que estabelece o Código Florestal, sendo 43,84 km<sup>2</sup> em APPs hídricas e 0,13 km<sup>2</sup> em APPs de declividade, e deveriam estar ocupados com vegetação nativa, necessitando de medidas corretivas urgentes.

- Cerca de 80% da área da bacia encontra-se sobre relevo forte ondulado a montanhoso e possui uma precipitação total média anual superior a 1.500 mm, fatores que facilitam o escoamento superficial e aumenta a necessidade de proteção das APPs hídricas e de declividade.

- A bacia apresenta classes de II a VIII de capacidade de uso do solo, com 62,06% de uso adequado, 6,44% subutilizado e 31,50% de ocupação inadequada. Dentre as áreas ocupadas inadequadamente, destacam-se as APPs, que atualmente são em sua maioria, utilizadas com pastagens, onde deveria ser preservado o bioma de Mata Atlântica.

- A elaboração de um plano de recomposição vegetal das APPs da bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira - UGRHI 1 é imprescindível, considerando que o uso inadequado do solo pode refletir na quantidade e qualidade dos recursos naturais desta bacia.

## 7. RECOMENDAÇÕES

De acordo com os resultados apresentados, recomenda-se que esta bacia necessita de práticas especiais de manejo para garantir a viabilidade das atividades praticadas, uma vez que este estudo evidenciou que cerca de 91% da área desta bacia é composta por Cambissolos, característicos da região por serem solos de pouca profundidade e de relevo movimentado.

Observou-se que uma área significativa, onde estão as APPs, não atende ao Código Florestal, sendo recomendado como forma de remediação a revegetação das APPs para assegurar futuros processos erosivos e desastres ambientais em áreas de escorregamento.

As pastagens, que ocupam cerca de 44% de toda área delimitada como APPs, necessitam de manejo adequado, evitando a super lotação da área com pisoteio animal e, conseqüentemente, compactação e indução de processos erosivos.

Recomenda-se como medida corretiva a adoção de práticas conservacionistas do solo, como a utilização de curvas de nível em todo preparo do terreno, tanto nas áreas de pastagens como nas áreas de atividades agrícolas. Com essa medida, criam-se obstáculos à descida da enxurrada, diminuindo a velocidade de arraste e, conseqüentemente a erosão, aumentando-se a infiltração da água no solo, podendo também ser construídos terraços em áreas com declive mais acentuado.

Devem-se manter áreas mais suscetíveis à erosão e com baixa capacidade de produção, recobertas com vegetação permanente, principalmente em nascentes, margens dos cursos d'água e topos de morros e conduzir o cultivo de acordo com a capacidade de uso do solo, em função da sua aptidão agrícola, que pressupõe a disposição adequada de florestas, cultivos perenes e anuais, pastagens, racionalizando o aproveitamento do potencial das áreas, bem como sua conservação.

Quanto à urbanização, deve-se respeitar a legislação no que tange às construções sem planejamento em áreas de risco, por ser uma área com declividade elevada, constituída por solos pouco profundos, em alguns terrenos ocorrendo inclusive exposição de rochas. Construções de moradias nessas áreas estarão suscetíveis a escorregamentos, principalmente nas estações que ocorrem precipitação mais elevada.

Os critérios e as metodologias adotados para este estudo mostraram-se adequados ao objetivo proposto. Entretanto, sugere-se que outros critérios também sejam empregados na



análise para o aprimoramento desta metodologia, como aspectos sociais, econômicos e culturais da comunidade.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMI, S. F.; FRANCISCO, C. E. S.; COELHO, R. M.; TORRES, R. B. *Análise multicriterial aplicada à priorização para recuperação de áreas de preservação permanente: uma implantação em Sistemas de Informações Geográficas*. Boletim Campineiro de Geografia, v. 2, n. 3, 2012.

ANDRADE, H.; ALVES, H. M. R.; VIEIRA, T. G. C.; RESENDE, R. J. T. P. de; ESTEVES, D. R.; ROSA, E. R. *Diagnóstico ambiental do Município de Lavras com base em dados do meio físico: III – Estratificação em classes de declive*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas, MG. Anais.... Lavras: UFLA/SBEA, 1998. v. 4, p. 356-358.

ARRUDA, F. B.; ZULLO JR.; J.; OLIVEIRA, J. B. de. *Parâmetros de solo para o cálculo da água disponível com base na textura do solo*. R. Bras. Ci. Solo, 11:11-15, 1987.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. São Paulo, SP: Ícone, 1990. 355p.

BIGARELLA, J. J.; MAZUCHOWSKI, J. Z. Visão integrada da problemática da Erosão. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 3., 1985, Maringá. Anais... Curitiba: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia/Associação de Defesa e Educação Ambiental, 1985. 372 p.

BRASIL. “Decreto Federal nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934”. 1934. Aprova o Código Florestal. Rio de Janeiro, Capital Federal: Supremo Tribunal Federal, 1934. 19p.

BRASIL. “Lei Federal nº 4.771, de 15 de setembro de 1965”. 1965. Institui o Novo Código Florestal. Brasília, DF: Senado Federal, 1965. 5p.

BRASIL. “Resolução CONAMA nº 004, de 18 de setembro de 1985”. 1985. Estabelece critérios para as Áreas de Preservação Permanente. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF.

BRASIL. “Lei Federal nº 7.803, de 18 de julho de 1989”. 1989. Altera a redação da Lei nº 4771, de 15 de setembro de 1965 e revoga as Leis nº 6535, de 15 de junho de 1978, e 7511, de 7 de julho de 1986. Brasília, DF: Senado Federal, 1989.

BRASIL. “Lei Federal nº 7.875, de 13 de novembro de 1989”. 1989. Modifica dispositivo do Código Florestal vigente (Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965) para dar destinação específica à parte da receita obtida com a cobrança de ingressos aos visitantes de parques nacionais. Brasília, DF: Senado Federal, 1989.

BRASIL. “Decreto Estadual nº 34.663, de 26 de fevereiro de 1992”. 1992. Dispõe sobre exploração agrícola das áreas de várzeas no Estado de São Paulo. São Paulo, SP: Secretaria de Estado do Governo, 1992.

BRASIL. “Medida Provisória nº2166-67, de 24 de agosto de 2001”. 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. Brasília, DF: Senado Federal, 2001.

BRASIL. “Resolução CONAMA nº 302, de 20 de março de 2002”. 2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF.

BRASIL. “Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002”. 2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF.

BRASIL. “Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012”. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF: Senado Federal, 2012.

BURROUGH, P. A. Principles of geographical information systems for land resources assessment. New York: Oxford University Press, 1986. 193p.

CALHAU, F. R. P.. *Capacidade de uso das terras e recomendações agropecuárias: estudo de caso*. Campinas: UNICAMP, 2005, 68p. Tese Doutorado.

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. SPRING: *Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. Computers & Graphics*, Amsterdam, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.

CAMPOS, S.; SILVA, C. L. da; SANTOS, T. G. dos; PIROLI, E. L. Análise do uso inadequado da terra através do SIG-IDRISI. *Rev. Irriga*, Botucatu, v. 10, n. 2, p. 166-173, maio-julho, 2005.

CAMPOS; S.; GRANATO, M.; ARAÚJO, D. M.; PISSARRA, T. C. T.; RODRIGUES, F. M. “Uso inadequado de áreas de preservação permanente segundo a legislação ambiental”. In: *Anais II Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: Recuperação de Áreas Degradadas, Serviços Ambientais e Sustentabilidade*, Taubaté, Brasil, 09-11 dezembro 2009, IPABHi, p. 373-378.

CAMPOS, S.; NARDINI, R. C.; BARROS, Z. X.; CARDOSO, L. G. *Sistemas de Informações Geográficas aplicado à espacialização da capacidade de uso da terra*. v.40, nº 2, p. 174-179. Goiânia, 2010.

CAVALIERI, A. *Avaliação da aptidão agrícola das terras e estudo da degradação do solo da quadricula de Moji Mirim para fins de planejamento agroambiental*. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP. Tese de doutorado. 1998. 112p.

COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DA SERRA DA MANTIQUEIRA - CBH-SM (2009a) Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da UGRHI-1 - 2009.

COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DA SERRA DA MANTIQUEIRA - CBH-SM  
Plano de Bacia UGRHI-1 (Serra da Mantiqueira) versão adequada à deliberação CRH n.62.  
2009

COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DA SERRA DA MANTIQUEIRA - CBH-SM.  
Plano de Bacias Hidrográficas da Serra da Mantiqueira (UGRHI-1). Cooperativa de Serviços  
e Pesquisas Tecnológicas e Industriais - CTPI. São Paulo, p. 354. 2012.

COOPERATIVA DE SERVIÇOS E PESQUISAS TECNOLÓGICAS E INDUSTRIAIS –  
CPTI (2003) Plano de Bacia da UGRHI-1 (Serra da Mantiqueira) – Relatório Técnico CPTI n.  
107/2003.

COOPERATIVA DE SERVIÇOS E PESQUISAS TECNOLÓGICAS E INDUSTRIAIS –  
CPTI (2012) Relatório Técnico Final do Plano das Bacias Hidrográficas da Unidade de  
Gerenciamento de Recursos Hídricos da Serra da Mantiqueira – UGRHI-1 – Relatório  
Técnico CPTI n. 571/12 (RT-3).

DAY, P.R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C.A. Methods of soil  
analysis. Madison: American Society of Agronomy, 1965. pt.1, p.545-566

De BIASE, M. A. Carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. Revista  
de geografia, v. 6, p.45-60. 1993.

DOBSON, C.; BECK, G. G. Watersheds: a practical handbook for healthy water. Canada:  
Friensens, Altona, Manitoba, 1999. apud SERIGNOLLI, P.P.G. A bacia hidrográfica do  
Tietê/Jacaré: estudo de caso em pesquisa e gerenciamento, 2009.

DONZELLI, P. L.; VALÉRIO FILHO, M.; PINTO, S. A. F.; NOGUEIRA, F. P.; ROTTA, C.  
L.; LOMBARDI NETO, F.; Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao diagnóstico  
básico para planejamento e monitoramento de microbacias hidrográficas. In: LOMBARDI  
NETO, F.; CAMARGO, O. A. (coords.). Microbacia do Córrego São Joaquim (Município de  
Pirassununga). Campinas: Instituto Agrônomo, 1992. P.91-119. (Documentos IAC, 29).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. *Proposta de  
Ocupação da Planície de Inundação do Rio Paraná*, Campina Grande: Embrapa Algodão.  
(boletim de pesquisa e desenvolvimento, 59). 2005, 33p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro  
Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2. Ed. Rio de  
Janeiro, 2006. 306 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistema  
Brasileiro de Classificação de Solos – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. EMBRAPA –  
SPI. Rio de Janeiro. 2 ed. 412p. 2009.

FERREIRA, M. C. *Proposta para o uso e manejo sustentável da bacia hidrográfica do  
ribeirão Guaratinguetá/SP*. 2011. 124p. Dissertação de mestrado. Faculdade de Engenharia  
de Bauru - Universidade Estadual Paulista. Bauru. 2011.

FORMAGGIO, A. R.; ALVES, D. S.; EPIPHANIO, J. C. N. Sistemas de informações geográficas na obtenção de mapas de aptidão Agrícola e de taxa de adequação de uso das terras. R. Bras. Ci. Solo, Campinas, 16:249-256, 1992.

GIBOSHI, M. L. *Desenvolvimento de um sistema especialista para determinar a capacidade de uso da terra*. Campinas: UNICAMP, 1999, 77p. Dissertação Mestrado.

GROSSI, C. H. Sistema de informação geográfica – BASINS 3.0 na modelagem hidrológica da Bacia Experimental do Rio Pardo, SP. Botucatu: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2003, 101p. Dissertação de Mestrado.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Rede de Drenagem do Estado de São Paulo. 2008

KLINGEBIEL, A. A.; MONTGOMERY, P. H. *Land – capability classification*. Washington, D. C. USDA, 1961. 21p. (Agriculture Handbook 210) apud LEPSCH, I. F.; BELLINAZI 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.

KRONKA, F.J.N. Mapeamento e quantificação do reflorestamento no Estado de São Paulo. Florestar Estatístico v.6, n.14, p.19-27, 2003.

LAGROTTI, Carlos Alberto Arantes. *Planejamento Agro-ambiental do município de Santo Antonio do Jardim – SP: Estudo de caso na Microbacia Hidrográfica do Córrego do Jardim*. 138p. Tese (Doutorado em Planejamento e Desenvolvimento Rural Sustentável)- Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 2000.

LEPSCH, I. F.; BELLINAZI 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.

MANNIGEL, A. R.; CARVALHO, M. de P.; MORETI, D.; MEDEIROS, L. da R. *Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo*. Acta Scientiarum Maringá, v.24, n.5, p.1335-1340, 2002.

MARQUES, J. Q. A.; BERTONI, J.; GROHMANN, F. *Levantamento conservacionista*. Campinas, Instituto Agrônomo, 1957. 33p. (Boletim 67).

MARQUES, J. Q. A. *Manual brasileiro para levantamentos conservacionistas: 2ª aproximação*. Rio de Janeiro: Escritório Técnico Brasil-Estados Unidos (ETA), 1958. 135p.

MARQUES, J. Q. A. *Manual para levantamento da capacidade de uso da terra: 3ª aproximação*. Rio de Janeiro: Escritório Brasil-Estados Unidos (ETA), 1971. 433p.

MPGO – Ministério Público do Estado de Goiás. Nota Técnica expedida pela 4.º Câmara de Coordenação e Revisão do Ministério Público Federal, 2012.

NORTON, E. A. *Soil conservation survey handbook*. Washington, US-DA, 40p. 1939. (Bulletin, 421).

OLIVEIRA, J. B.; SOSA, S. M. *Sistema de Clasificación de la Aptitude Agro-ecologica de la Tierra (S.C.A.A.T.) para la Region Oriental del Paraguay*. 1ª aproximación. Asunción, Paraguay: UNA.FCA.CIF.GTZ. 1995. 77p.

OLIVEIRA, J. B.; BERG, M. van den. *Aptidão Agrícola das Terras do Estado de São Paulo: quadrícula de Araras*. II Memorial Descritivo. Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas, SP, 1985. 60p. (Boletim Técnico n.º 102).

ORGANIZAÇÃO DOS ESTADOS AMERICANOS – OEA & SECRETARIA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS – SRH/MMA (2005) Caderno Regional da Região Hidrográfica do Paraná. Relatório Parcial RT-3, minuta, setembro de 2005.

PEREIRA, L. C. *Aptidão agrícola das terras e sensibilidade ambiental: proposta metodológica*. Tese (Doutorado em Planejamento e Desenvolvimento Rural Sustentável). Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002. 122p.

PINTO L. V. A.; FERREIRA, E.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C. *Caracterização física da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG e uso conflitante da terra em suas áreas de preservação permanente*. Cerne, Lavras, v. 11, n. 1, p. 49-60, 2005.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. *Gestão de Bacias Hidrográficas*. v.22, nº 63, p. 43-60. 2008.

PROCHNOW, M. C. R. *Análise ambiental da sub-bacia do rio Piracicaba: subsídio ao planejamento e manejo*. 1990. 330p. Tese de Doutorado. Rio Claro. Universidade Estadual Paulista. Instituto de geociências e ciências exatas. 1990.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). *Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo*. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. 285p. (IAC. Boletim técnico, 100).

RIBEIRO, F. L.; CAMPOS, S. *Capacidade de uso da terra no alto rio Pardo, Botucatu (SP), através do sistema de informação geográfica*. Energia na Agricultura, v.14, n.2, p.48-60, 1999.

RIBEIRO, R. P. *Avaliação das alterações na rede de drenagem de sub-bacias hidrográficas da porção média da bacia do rio Capivari (SP): escala: 1: 25.000 – subsídio para o planejamento integrado*. 2002. 231p. Dissertação de mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo. São Carlos. 2002.

RODRIGUES, J. B. T.; ZIMBACK, C. R. L.; PIROLI, E. L. *Utilização de sistema de informação geográfica na avaliação do uso da terra em Botucatu (SP)*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.25, n.3, p.675-681, 2001.

ROSS, J. L. S.; DEL PRETTE, M. E. *Recursos hídricos e as bacias hidrográficas: âncoras do planejamento e gestão ambiental*. Revista do Departamento de Geografia – FFLCH - USP. n.12, p.89-121, 1998.

SANTOS, A. M. D. *Bacias Hidrográficas do município de Campos do Jordão: florestamento compensatório visando retenção de água no solo*. 2009. 135 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade de Taubaté, Taubaté.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE/INSTITUTO FLORESTAL DE SÃO PAULO. *Elaboração de base georreferenciada para o mapeamento do uso e ocupação da terra e das unidades de conservação da bacia hidrográfica da Mantiqueira*. São Paulo: SMA/IF, 2008.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE/COORDENADORIA DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL – SMA/CPLA. *Secretaria do Meio Ambiente/Coordenadoria de Planejamento Ambiental*. São Paulo, 2013.

SILVA, A. M. da; ALVARES, C. A.. *Levantamento de informações e estruturação de um banco dados sobre a erodibilidade de classes de solos no estado de São Paulo*. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 24, n. 1, p. 33-41, 2005.

TRIANAFILIS, J.; GOOLEY, L.; HUANG, J.; PAGE, D. *Digital soil mapping of available water content using proximal and remotely sensed data*. School of Biological, Earth and Sciences, The University of New South Wales, Sydney, NSW 2052, Australia, Soil Use and Management, 30, 139–151, 2014.

TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v.4, 2.ed. Porto Alegre, 1997.

VALERIANO, M. M.; ROSSETTI, D. F. *Topodata: Brazilian full coverage refinement of SRTM data*. Applied Geography (Sevenoaks), v. 32, p. 300-309, 2011.

WEILL, M. de A. M. *Metodologias de avaliação para fins agrícolas*. Revista Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro, RJ, 52:127-160. 1990.

ZANINI, E.; FREPPAZI, M.; GODONEI, D.; STANCHI, S. *Assessing the susceptibility of alpine soils to erosion using soil physical and site indicators*. Department of Agriculture, Università di Torino, Forest and Food Sciences, TO 10095, Italy, Soil Use and Management, 29, 586–596, 2013.

## 9. ANEXOS

### ANEXO 1

#### Risco de erosão

Alguns solos são mais susceptíveis aos processos erosivos que outros, mesmo sob condições idênticas de declividade, de cobertura vegetal e de práticas de manejo. Essa maior ou menor vulnerabilidade ou suscetibilidade do solo à erosão é denominada erodibilidade do solo, sendo, um dado obtido a partir da natureza do solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990).

A limitação ao uso devida ao risco de erosão será determinada em função da erodibilidade do solo e da classe de declividade em que o mesmo se encontra. De acordo com Giboshi (1999), foram estabelecidos os graus de limitação ao uso devido a erodibilidade do solo, apresentados na tabela 3.

Tabela 1 – Grau de limitação ao uso devido à erodibilidade do solo e classes de declive (adaptado de GIBOSHI, 1999).

Classes de declive	Grau de limitação devido à erodibilidade (t.h.MJ <sup>-1</sup> .mm <sup>-1</sup> )				
	0 - nulo (0 a 0,005)	1 - ligeiro (0,005 a 0,020)	2 - moderado (0,020 a 0,030)	3 - forte (0,030 a 0,040)	4 - muito forte (> 0,040)
A (0 – 3%)	0	1	1	2	3
B (3 – 5%)	1	1	2	3	4
C (5 – 12%)	1	2	3	4	4
D (12– 20%)	2	3	3	4	4
E (20 – 40%)	3	4	4	4	4
F (> 40%)	4	4	4	4	4

Utilizando as informações de Giboshi (1999), e a referências de erodibilidade dos solos (MANNIGEL et al., 2002 e SILVA; ALVARES, 2005) da área da bacia, será possível determinar a limitação de erodibilidade para estes solos.

#### Pedregosidade/rochosidade

A pedregosidade e a rochosidade causam impedimentos à mecanização, além de causar danos aos implementos agrícolas e diminuir o volume de terra explorado pelas raízes, com repercussão na quantidade de nutrientes e água disponível por unidade de volume de solo e, especialmente no caso das rochas, diminuição do espaço útil para o desenvolvimento da cultura (OLIVEIRA; SOSA, 1995).



Neste levantamento, para a pedregosidade e rochosidade serão considerados os tamanhos e naturezas de pedras conforme Lepsch et al. (1991) que são as seguintes:

- a) Fragmentos grosseiros: cascalho (diâmetro médio entre 0,2 e 2 cm) e pedras (diâmetro médio entre 2 a 20 cm);
- b) Matacões: fragmentos rochosos com diâmetro médio superior a 20 cm;
- c) Afloramento rochoso: rochas fixas aflorando na superfície.

O grau de restrição ao uso do solo apresentado pela pedregosidade será determinado em função da quantidade de fragmentos grosseiros em relação à massa do solo (Tabela 3). Já, para a rochosidade, serão considerados a quantidade de matacões e afloramentos rochosos (Tabela 4).

Tabela 3 – Grau de limitação ao uso do solo devido à pedregosidade em função da porcentagem de fragmentos grosseiros em relação à massa de solo (LEPSCH et al.,1991).

<b>Grau de limitação</b>	<b>Quantidade de fragmentos grosseiros em relação à massa do solo (%)</b>
0: nulo	Sem fragmentos
1: ligeiro	< 15
2: moderado	15 a 50
3: forte	50 a 75
4: muito forte	> 75

Tabela 4 – Grau de limitação ao uso do solo devido a rochosidade em função da porcentagem de matacões e afloramentos rochosos em relação à massa do solo (LEPSCH et al.,1991).

<b>Grau de limitação</b>	<b>Quantidade de matacões e/ou afloramentos rochosos em relação à massa do solo (%)</b>
0: nulo	Sem rochas
1: ligeiro	< 1
2: moderado	1 a 10
3: forte	10 a 50
4: muito forte	> 50

### **Restrição à mecanização**

A mecanização pode ser efetuada sem riscos até uma declividade de 16-18% para cultivo em nível. Acima desse valor, o uso de máquinas agrícolas é considerado inadequado, pois estas trabalham no sentido do declive, contribuindo muito, dessa forma, para a erosão do solo (GIBOSHI, 1999). Os graus de limitação devido à mecanização serão determinados considerando a declividade, o risco de inundação, a pedregosidade e a atividade da argila.

Tabela 5 – Grau de limitação à mecanização do solo em função da classe de declividade, risco de inundação e/ou pedregosidade (GIBOSHI, 1999).

Grau de limitação	Classe de declividade	Risco de inundação e/ou pedregosidade
0: nulo	A (0 a 3%)	Nulo
1: ligeiro	B (3 a 5%)	Ligeiro
2: moderado	C (5 a 12%)	Moderado
3: forte	D (12 a 20%)	Forte
4: muito forte	E (20 a 40%) F (>40%)	Muito forte

### Risco de geada

O grau de limitação ao uso do solo devido ao risco de geada refere-se a locais onde existe a possibilidade de ocorrência de geadas que, devido à sua intensidade, podem influenciar na escolha dos cultivos (Tabela 6). A posição do solo no relevo e as classes de declividade são fatores importantes para determinar o grau de restrição ao uso do solo, apresentado por este fator limitante (Giboshi, 1999).

Tabela 6 – Grau de limitação devido ao risco de geada em função da posição no relevo<sup>1</sup>.

Grau de limitação	Posição no relevo
0 – nulo	Terço superior de encostas e de topo de serras com declives superiores a 5%
1 – ligeiro	Terço superior de encostas e serras com declives superiores a 5%
2 – moderado	Terço inferior das encostas com declives entre 3 e 5%
3 – forte	Planícies aluviais com declives não superiores a 3%

<sup>1</sup> Comunicação pessoal do Dr. Ângelo Paes de Camargo em 17/11/98 do Centro de Ecofisiologia e Biofísica do Instituto Agrônomo de Campinas – IAC, citada por Giboshi (1999).

### Risco de inundação

O risco de inundação é indicado pela frequência e pela duração usual com que ocorre. A frequência e a duração das inundações consideradas neste trabalho serão as mesmas consideradas por Lepsch et al. (1991) e estão relacionadas a seguir:

#### Frequência:

- Ocasionais: com mais cinco anos de recorrência provável;
- Frequentes: com recorrência provável entre um e cinco anos;
- Muito frequentes ou anuais: ocorrendo sistematicamente todo ano, repetindo-se uma ou mais vezes nas várias estações do ano.

#### Duração:

- Curtas: menos de dois dias;

- b) Médias: entre dois e trinta dias;
- c) Longas: mais de trinta dias.

A análise da combinação da frequência e da duração das inundações será utilizada para determinar os graus de limitação devido ao risco de inundação (Tabela 7).

Tabela 7 – Grau de limitação ao uso do solo devido ao risco de inundação em função da duração e frequência da inundação (LEPSCH et al., 1991 e OLIVEIRA E SOSA, 1995).

<b>Grau de limitação</b>	<b>Duração</b>	<b>Frequência</b>
0 – Nulo	Curta	Ocasional
1 – Ligeiro	Média	Ocasional
	Curta	Frequente
2 – Moderado	Média	Frequente
	Curta	Muito Frequente
3 – Forte	Longa	Ocasional
	Média	Frequentes
4 – Muito forte	Longa	Muito frequentes

### **Profundidade efetiva**

Refere-se à espessura máxima do solo em que as raízes não encontram impedimento físico para penetrar livremente, facilitando a fixação da planta e servindo como meio para a absorção de água e nutrientes (LEPSCH et al., 1991). Na tabela 8 são apresentadas as classes de profundidade efetiva consideradas neste trabalho.

Tabela 8 – Graus de limitação devido à profundidade efetiva (Lepsch et al., 1991).

<b>Grau de limitação</b>	<b>Classe de profundidade efetiva</b>	<b>Profundidade (m)</b>
0: nulo	Muito profundo	Mais de 2,00
1: ligeiro	Profundo	1,00 a 2,00
2: moderado	Moderadamente profundo	0,50 a 1,00
3: forte	Raso	0,25 a 0,50
4: muito forte	Muito raso	Menos de 0,25

### **Disponibilidade de água**

A capacidade de armazenamento de água no solo está diretamente relacionada com a granulometria do espaço poroso, que depende de várias características do solo, como a textura, a estrutura, a densidade, a matéria orgânica e a profundidade (OLIVEIRA e BERG, 1985). Os graus de limitação devido à disponibilidade de água foram determinados considerando a textura do solo a sua profundidade e a deficiência hídrica anual. As regras para determinar o grau de limitação em relação à disponibilidade de água foram modificadas,

utilizando a mesma metodologia adotada por PEREIRA (2002). O autor calculou a água disponível utilizando a equação de ARRUDA et al. (1987), e, a partir de valores de água disponível (até a profundidade de 100 cm), obtidos para diferentes percentuais de soma das frações “silte e argila”, estabeleceu os graus de limitação de acordo com os grupamentos texturais do solo: arenosa, média, argilosa e muito argilosa (Tabela 9).

Tabela 9 – Graus de limitação devido à disponibilidade de água (PEREIRA, 2002).

%Silte + % Argila	Grupamentos texturais do solo		
	Textura arenosa	Textura média e Textura argilosa	Textura muito argilosa
	<b>Grau de limitação</b>		
< 5	4	-	-
5 – 10	3	-	-
10 – 15	2	-	-
15 – 25	1	-	-
25 – 30	0	-	-
30 – 60	-	0	-
60 – 75	-	0	0
75 – 85	-	1	1
85 – 90	-	2	2
90 – 95	-	3	3
> 95	-	4	4

Grau de limitação: 0 = nulo 1 = ligeiro 2 = moderado 3 = forte 4 = muito forte

### **Drenagem interna ou excesso de água**

O excesso de água no solo por tempo prolongado constitui um importante fator limitante ao uso da terra, pois os solos mal drenados apresentam deficiência de oxigênio e, como consequência, inibição do crescimento das raízes. Para determinar os graus de limitação devido à drenagem interna ou excesso de água, neste estudo foram consideradas a presença ou não de lençol freático elevado e camadas pouco permeáveis no perfil do solo, pois diminuem consideravelmente o fluxo descendente da água, conforme (OLIVEIRA e SOSA, 1995), apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 – Grau de limitação devido à drenagem interna ou excesso de água (OLIVEIRA e SOSA, 1995).

<b>Grau de limitação</b>	<b>Classe de drenagem do solo<sup>1</sup></b>
0: nulo	Excessiva a boa
1: ligeiro	Moderada
2: moderado	Imperfeita
3: forte	Mal drenada
4: muito forte	Muito mal drenada

<sup>1</sup>Classe de drenagem segundo EMBRAPA (2006).

### Disponibilidade de nutrientes

A quantidade de nutrientes disponíveis no solo é um fator de grande importância na determinação da capacidade de uso da terra. Oliveira e Berg (1985) relacionaram a saturação em bases (V%) com a capacidade de troca de cátions – CTC a pH<sub>7,0</sub> (T) para determinar os graus de limitação devido à disponibilidade de nutrientes. De acordo com estes autores, em dois solos com a mesma V%, o que tiver a T mais elevada apresenta maior reserva de bases. Também solos com T muito baixa, mesmo apresentando V% > 50, foram considerados como tendo forte limitação quanto à disponibilidade de nutrientes. Assim, a determinação do grau de limitação devido à disponibilidade de nutrientes foi feita como no trabalho de Oliveira e Berg (1985), que por ser quantitativa, torna consistente a classificação no sistema de capacidade de uso (Tabela 11).

Tabela 11 – Grau de limitação devido à disponibilidade de nutrientes em função da saturação de bases (V%) e da capacidade de troca de cátions – CTC (T), conforme Oliveira e Berg (1985).

<b>T (e.mg 100g<sup>-1</sup> TFSA)</b>	<b>Faixas de saturação por bases (V%)</b>			
	50 - 100	25 - 50	10 - 25	0 - 10
> 5	0	1	3	4
3 - 5	1	2	3	4
2 - 3	2	2	4	4

Grau de limitação: 0 = nulo 1 = ligeiro 2 = moderado 3 = forte 4 = muito forte

### Fixação de fósforo

Os solos das regiões tropicais são pobres em fósforo e, por esta razão, este é o elemento que frequentemente limita a produção agrícola nestas regiões. A determinação dos graus de limitação devido à fixação de fósforo foi feita com base no trabalho de Oliveira e Sosa (1995), que através da avaliação na textura do solo, cor e atração eletromagnética definiram os graus desta limitação (Tabela 12).

Tabela 12 – Graus de limitação referentes à fixação de fósforo. (OLIVEIRA E SOSA, 1995).

<b>Grau de Limitação</b>	<b>Textura Superficial</b>	<b>Cor do Solo</b>	<b>Atração Eletromagnética</b>
0: nulo	Arenosa Arenosa	Vermelho-escuro ou Vermelho-amarelo	Ausente
1: ligeiro	Média Argilosa ou muito argilosa	Vermelho-escuro Vermelho-amarelo	Pequena atração
2: moderado	Argilosa Muito argilosa	Vermelho Vermelho-escuro	Moderada atração
3: forte	Argilosa ou muito argilosa	Roxo	Forte atração
4: muito forte	Argilosa ou muito argilosa	Roxo	Muito forte atração

Fonte: Oliveira e Sosa (1995).

### **Toxicidade por alumínio**

Este fator limitante refere-se às altas concentrações de alumínio trocável na camada subsuperficial do solo, apresentando problemas de toxicidade para a maioria das plantas cultivadas (LEPSCH et al., 1991). Os graus de limitação devido à toxicidade por alumínio foram determinados pela metodologia de Oliveira e Berg (1985), apresentados na tabela 13.

Tabela 13 – Graus de limitação devido à toxicidade por alumínio em função da capacidade de troca catiônica (T) e da saturação de alumínio (OLIVEIRA e BERG, 1985).

<b>T (e.mg 100g<sup>-1</sup> TFSA)</b>	<b>Faixas de saturação de alumínio (%)</b>				
	0 - 10	10 - 30	30 - 50	50 - 70	70 - 100
5 - 10	0	1	2	3	4
1 - 5	0	1	1	2	3

Grau de limitação: 0 = nulo 1 = ligeiro 2 = moderado 3 = forte 4 = muito forte