Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Centro de Energia Nuclear na Agricultura

Análise temporal da relação entre uso e ocupação do solo e situação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) marginais, na bacia hidrográfica do rio São José dos Dourados, SP

Marcelo Ferreira Anselmo

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Ecologia Aplicada

Piracicaba
2014

Marcelo Ferreira Anselmo
Engenheiro Agrônomo

Análise temporal da relação entre uso e ocupação do solo e situação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) marginais, na bacia hidrográfica do rio São José dos Dourados, SP

Orientador:
Prof. Dr. **CARLOS ALBERTO VETTORAZZI**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Ecologia Aplicada

Piracicaba
2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP

Anselmo, Marcelo Ferreira
Análise temporal da relação entre uso e ocupação do solo e situação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) marginais, na bacia hidrográfica do rio São José dos Dourados, SP / Marcelo Ferreira Anselmo. - - Piracicaba, 2014.
118 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Centro de Energia Nuclear na Agricultura, 2014.

1. Áreas de Preservação Permanente 2. Uso e ocupação do solo 3. Sistema de Informações Geográficas 4. Bacia hidrográfica I. Título

CDD 333.7313
A618a

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

DEDICATÓRIA

A todos aqueles que almejam por um meio ambiente assistido pela sustentabilidade ambiental, social e econômica.

AGRADECIMENTOS

À Universidade de São Paulo (USP), à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), ao Departamento de Engenharia de Biossistemas (LEB) e ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), pela estrutura e oportunidade concedida.

Ao Orientador, Professor e Doutor Carlos Alberto Vettorazzi pela confiança, oportunidade e incentivo durante meu período acadêmico na USP.

Aos colegas e amigos acadêmicos, que colaboraram de muitas formas com o desenvolvimento desta dissertação e com meu desenvolvimento acadêmico e pessoal.

Aos familiares e amigos, que muito me incentivaram e apoiaram.

Agradeço principalmente ao meu pai Roque e a minha mãe Cleuza pelo apoio, incentivo e compreensão.

Muito obrigado!

BIOGRAFIA

Marcelo Ferreira Anselmo, filho de Roque Anselmo e Cleuza de Fátima Ferreira Anselmo, nasceu em 17 de outubro de 1975, na cidade de Conchas-SP. Graduou-se como Engenheiro Agrônomo pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Ilha Solteira, em dezembro de 2002. Em fevereiro de 2011, ingressou no Programa de Pós Graduação em Ecologia Aplicada da Universidade de São Paulo (ESALQ/CENA-USP), linha de pesquisa - Modelagem Ambiental, concluindo-o em março de 2014.

EPÍGRAFE

"... quão infinitamente complexas e rigorosamente adaptadas são as relações de todos os seres orgânicos entre si e com condições físicas de vida e, em consequência, quantas variadas diversidades de estruturas seriam úteis a cada ser em condições mutantes de vida. Vendo que indubitavelmente se apresentaram variações úteis ao homem, pode, pois, parecer improvável que, do mesmo modo, para cada ser, na grande e complexa batalha da vida, tenham que se apresentar outras variações úteis em decorrência de muitas gerações sucessivas? Se isso ocorre, podemos duvidar – recordando que nascem muito mais indivíduos dos que talvez podem sobreviver – que os indivíduos que têm vantagem, por menor que seja, sobre outros, teriam mais probabilidades de sobreviver e procriar sua espécie? Pelo contrário, podemos estar certos de que toda variação no menor grau prejudicial tem que ser rigorosamente destruída. A esta conservação das diferenças e variações individualmente favoráveis e a destruição das que são prejudiciais chamei *seleção natural* ...".

Charles Darwin.
A Origem das Espécies – 1859.

SUMÁRIO

RESUMO....15
ABSTRACT....17
LISTA DE FIGURAS....19
LISTA DE TABELAS....21
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS....23
1 INTRODUÇÃO....25
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA....27
2.1 Geoprocessamento e a análise ambiental....27
2.2 A bacia hidrográfica como unidade de pesquisa e planejamento ambiental....29
2.3 Áreas de preservação permanente marginais....31
2.3.1 Degradação das áreas de preservação permanente marginais....31
2.3.2 Histórico legal das áreas de preservação permanente marginais....32
2.3.3 Funções das áreas de preservação permanente marginais....42
2.3.3.1 Funções hidrológicas e geomorfológicas das áreas de preservação permanente marginais....44
2.3.3.2 Funções ecológicas das áreas de preservação permanente marginais....46
2.3.3.3 Funções sociais das áreas de preservação permanente marginais....47
3 MATERIAL E MÉTODOS....51
3.1 Material....51
3.1.1 Área de estudo....51
3.1.1.1 Localização e dimensões....51
3.1.1.2 Características socioeconômicas....53
3.1.1.3 Caracterização física....55
3.1.1.3.1 Geologia....55
3.1.1.3.2 Geomorfologia....55
3.1.1.3.3 Pedologia....56
3.1.1.3.4 Clima....59
3.1.1.4 Caracterização da diversidade biológica....60
3.1.1.4.1 Biomas e tipos de vegetação....60
3.1.1.4.2 Fauna....61
3.1.2 Sistema de processamento de informações georreferenciadas - SPRING....61
3.1.3 Imagens landsat....62
3.1.3.1 Breve histórico da série Landsat....62
3.1.3.2 Satélite Landsat- 5 sensor TM....63
3.1.3.3 Imagens utilizadas....64

3.1.4 Modelo digital de elevação - MDE 66
3.2 Métodos 67
3.2.1 Registro das imagens 67
3.2.2 Elaboração da rede de drenagem..... 67
3.2.3 Delimitação das áreas de preservação permanente marginais 68
3.2.3.1 Delimitação das áreas de preservação permanente ao longo dos cursos d'água 68
3.2.3.2 Delimitação das áreas de preservação permanente no entorno de reservatórios artificiais 70
3.2.3.3 Delimitação das áreas de preservação permanente no entorno de nascentes 70
3.2.4 Delimitação da bacia hidrográfica do rio São José dos Dourados 71
3.2.5 Classificação das imagens 72
3.2.5.1 Definição das classes de uso e ocupação do solo..... 72
3.2.5.2 Amostras de treinamento para classificação supervisionada 73
3.2.5.3 Aplicação da classificação supervisionada 74
3.2.5.4 Tratamento pós-classificação 74
3.2.5.4.1 Filtragem das imagens classificadas 74
3.2.5.4.2 Edição matricial dos mapas temáticos 75
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES..... 77
4.1 Dimensões da bacia hidrográfica e das APPS marginais do São José dos Dourados 77
4.2 Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do São José dos Dourados nos anos de 1990, 2000 e 2010 77
4.2.1 Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do SJD..... 77
4.2.2 Uso e ocupação do solo nas APPS marginais da bacia hidrográfica do SJD.. 79
4.3 Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do alto curso do São José dos Dourados nos anos de 1990, 2000 e 2010 82
4.3.1 Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do alto curso do SJD 82
4.3.2 Uso e ocupação do solo nas APPS marginais da bacia hidrográfica do alto curso do SJD 84
4.4 Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do médio curso do São José dos Dourados nos anos de 1990, 2000 e 2010 86
4.4.1 Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do médio curso do SJD 86
4.4.2 uso e ocupação do solo nas APPS marginais da bacia hidrográfica do médio curso do SJD 88
4.5 Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do baixo curso do São Sosé dos Dourados nos anos de 1990, 2000 e 2010 90

4.5.1 Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do baixo curso do SJD.....90
4.5.2 Uso e ocupação do solo nas APPS marginais da bacia hidrográfica do baixo curso do SJD.....92
5 CONCLUSÕES 95
REFERÊNCIAS.....97
ANEXOS 105

RESUMO

Análise temporal da relação entre uso e ocupação do solo e situação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) marginais, na bacia hidrográfica do rio São José dos Dourados, SP

As faixas que margeiam os cursos d'água são áreas protegidas por lei, 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. Atividades antrópicas, principalmente agricultura e pecuária, alteram o uso e ocupação do solo com o consequente desflorestamento de áreas de interesse ambiental. O uso do sensoriamento remoto e do geoprocessamento permite uma análise multitemporal das alterações ocorridas em uma determinada região, possibilitando o monitoramento de áreas legalmente protegidas, em um determinado período. O trabalho em questão procurou realizar um diagnóstico da evolução da relação do uso e ocupação do solo com a situação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) marginais em um período de 20 anos, da bacia hidrográfica do rio São José dos Dourados - SJD (UGRHI-18), no noroeste paulista, utilizando imagens do satélite Landsat-5 sensor TM (Thematic Mapper) de 1990, 2000 e 2010. Para o desenvolvimento do trabalho foi utilizado o SPRING (versão 5.2), que consiste em um software livre de Sistema de Informações Geográficas (SIG) desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) / Divisão de Processamento de Imagens (DPI). Os resultados obtidos demonstram que a bacia do SJD possui área total de 5.161,94 km², sendo que 483,22 km² (9,36%) são APPs marginais. No período estudado ocorreu um aumento da classe 'Vegetações nativas', que ocupava 9,43% da área total da bacia em 1990, passando para 10,80% em 2000 e 12,95% em 2010. No interior das APPs a classe 'Vegetações nativas' ocupava 27,60% em 1990, passando para 33,30% em 2000 e 47,61% em 2010. Na área total da bacia, as classes que apresentaram os maiores aumentos de área durante o período estudado foram 'Solo exposto' e 'Cana-de-açúcar', e a que apresentou a maior diminuição de área foi a classe 'Pastagem/Gramíneas'. Já no interior das APPs, a classe que apresentou os maiores aumentos de área foi a 'Vegetações nativas' e a que apresentou a maior diminuição foi a 'Pastagem/Gramíneas'.

Palavras-chave: Áreas de Preservação Permanente; Uso e ocupação do solo; Sistema de Informações Geográficas; Bacia hidrográfica

ABSTRACT

Temporal analysis of the relationship between land use and land cover and status of Legal Permanent Preservation Areas (PPAs), in the São José dos Dourados river basin, SP

The tracks that border waterways are protected by law, with the environmental function of preserving water resources, landscape areas, geological stability and biodiversity, facilitate gene flow of fauna and flora, soil protection and ensure the well being of human populations. Anthropogenic activities, mainly agriculture and livestock, alter the use and occupation of land and the consequent deforestation of areas of environmental interest. The use of remote sensing and GIS allows a multi temporal analysis of alterations that occur in a particular region, enabling the monitoring of legally protected areas in a given period. The work in status a diagnosis of the evolution of the relationship of the land use and occupation to the of Permanent Preservation Areas (PPAs) marginal in a period of 20 years in the watershed of the São José dos Dourados - SJD (UGRHI -18), State of São Paulo, using images from Landsat- 5 TM sensor (Thematic Mapper) from 1990, 2000 and 2010. For the development of the work, the SPRING (version 5.2), which consists of a free software of geoprocessing developed by the National Institute for Space Research (INPE) / Division of Image Processing (DPI), was used. The total area of the SJD river basin is 5161.94 km ², of which 483.22 km ² (9.36%) are marginal APPs. During the study period there was an increase of 'Native vegetation' class, which occupied 9.43% of the total basin area in 1990, rising to 10.80% in 2000 and 12.95% in 2010. Inside the APP the 'Native vegetation' class occupied 27.60% in 1990, rising to 33.30% in 2000 and 47.61% in 2010. In total basin area, the classes with the greatest increases in area during the study period were 'Bare soil' and 'Sugar cane', and that showed the greatest reduction in area was the 'Pasture / Grass' class. Once inside the APP, the class with the largest increases in area was the 'Native vegetation' and one the that showed the greatest decrease was the 'Pasture / Grass'.

Keywords: Permanent Preservation Areas; Land use and land cover; Geographic Information System; River basin

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do São José dos Dourados.....52
Figura 2 - Bacia hidrográfica do rio São José dos Dourados.....53
Figura 3 - Municípios que compõem a região da bacia do SJD.....54
Figura 4 - Unidades geomorfológicas do Estado de São Paulo.....55
Figura 5 - Sistemas de relevo que compõem a região da bacia do SJD.....56
Figura 6 - Mapa pedológico da bacia do rio São José dos Dourados.....57
Figura 7 - Legenda - Mapa pedológico da bacia do SJD. 58
Figura 8 - Tipos climáticos na bacia do SJD, segundo Köeppen. 59
Figura 9 - Biomas e tipos de vegetação, com destaque para a bacia do SJD.....60
Figura 10 - Satélite Landsat - 5 TM. 64
Figura 11 - Articulações das imagens TM/Landsat no Estado de São Paulo.....65
Figura 12 - Articulações das Cartas de Modelo Digital de Elevação (MDE).....66
Figura 13 - Delimitação das APPs marginais ao longo dos cursos d'água.....69
Figura 14 - Delimitação das APPs marginais ao longo do reservatório artificial.. 70
Figura 15 - Delimitação das APPs marginais no entorno de nascentes.....71
Figura 16 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do SJD, nos anos de 1990, 2000 e 2010. 78
Figura 17 - Uso e ocupação do solo nas APPs marginais da bacia hidrográfica do SJD, nos anos de 1990, 2000 e 2010.....81
Figura 18 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do alto curso do SJD, nos anos de 1990, 2000 e 2010.....83
Figura 19 - Uso e ocupação do solo nas APPs marginais da bacia hidrográfica do alto curso do SJD, nos anos de 1990, 2000 e 2010.....85
Figura 20 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do médio curso do SJD, nos anos de 1990, 2000 e 2010.....87
Figura 21 - Uso e ocupação do solo nas APPs marginais da bacia hidrográfica do médio curso do SJD, nos anos de 1990, 2000 e 2010.....89
Figura 22 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do baixo curso do SJD, nos anos de 1990, 2000 e 2010.....91
Figura 23 - Uso e ocupação do solo nas APPs marginais da bacia hidrográfica do baixo curso do SJD, nos anos de 1990, 2000 e 2010. 93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Alterações legislativas dos limites das APPs de cursos d'água.....39
Tabela 2 - Alterações legislativas dos limites das APPs ao redor de reservatórios artificiais.....40
Tabela 3 - Alterações legislativas dos limites das APPs ao redor de reservatórios naturais.....41
Tabela 4 - Alterações legislativas dos limites das APPs de nascentes e olhos d'água.....42
Tabela 5 - Imagens do satélite Landsat - 5 TM, utilizadas para a classificação do uso e ocupação do solo.....65
Tabela 6 - Dimensões da bacia hidrográfica e das APPs marginais do SJD.....77
Tabela 7 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do SJD, nos anos de 1990, 2000 e 2010.....78
Tabela 8 - Uso e ocupação do solo nas APPs marginais da bacia hidrográfica do SJD, nos anos de 1990, 2000 e 2010.....80
Tabela 9 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do alto curso do SJD, nos anos de 1990, 2000 e 2010.....82
Tabela 10 - Uso e ocupação do solo nas APPs marginais da bacia hidrográfica do alto curso do SJD, nos anos de 1990, 2000 e 2010.....84
Tabela 11 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do médio curso do SJD, nos anos de 1990, 2000 e 2010.....86
Tabela 12 - Uso e ocupação do solo nas APPs marginais da bacia hidrográfica do médio curso do SJD, nos anos de 1990, 2000 e 2010.....88
Tabela 13 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do baixo curso do SJD, nos anos de 1990, 2000 e 2010.....91
Tabela 14 - Uso e ocupação do solo nas APPs marginais da bacia hidrográfica do baixo curso do SJD, nos anos de 1990, 2000 e 2010.....93

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP	Área de Preservação Permanente
Art	Artigo
BHSJD	Bacia Hidrográfica do rio São José dos Dourados
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPTI	Cooperativa de Serviços e Pesquisas Tecnológicas
DGI	Divisão de Geração de Imagens
DPI	Divisão de Processamento de Imagens
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ERTS	Earth Resources Technology Satellite
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IF	Instituto Florestal
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
LANDSAT	Land Remote Sensing Satellite
MDE	Modelo Digital de Elevação
NASA	National Aeronautics and Space Administration
PRODESP	Companhia de Processamento de Dados do Estado de São Paulo
SMA	Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
SEADE	Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados
SIFESP	Sistema de Informações Florestais do Estado de São Paulo
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SIGRH	Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos
SJD	São José dos Dourados
SPRING	Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas
TM	Thematic Mapper
UGRHI	Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos
USGS	U. S. Geological Survey

1 INTRODUÇÃO

As faixas que margeiam os cursos d'água são áreas de transição entre o ambiente terrestre e o aquático, tais ambientes de transição, denominados ecótonos, são consideradas áreas de alta importância devido ao seu ecossistema e alta biodiversidade (KARK *et al*, 2006).

São áreas que quando bem preservadas com suas vegetações nativas, possuem grande amplitude de funções hidrológicas, geomorfológicas, ecológicas e sociais, por isso são consideradas áreas de elevado interesse sócio-ambiental, denominadas como Áreas de Preservação Permanente (APPs).

Para Fisher e Sá (2007), a interpretação ecológica das APPs deve incluir, além dos aspectos ambientais, também os aspectos econômicos, sociais e culturais. Estes aspectos são igualmente relevantes para a melhoria da qualidade de vida humana.

A expansão territorial das fronteiras agropecuárias, sem planejamento, é considerada a principal atividade antrópica que altera o uso e ocupação do solo com o consequente desflorestamento de áreas de interesse ambiental.

No setor rural, a expansão das fronteiras agrícolas, motivada pela necessidade crescente de produzir alimentos em quantidades cada vez maiores promoveu a derrubada de importantes áreas de florestas para implantação de empreendimentos agropecuários, sem que para isso houvesse um mínimo de planejamento que levasse em conta a questão ambiental (CORRÊA, 2006).

Devido a sua importância, as faixas que margeiam os cursos d'água são áreas protegidas por lei, 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.

A primeira lei que estabeleceu alguma proteção as áreas marginais foi o Código Florestal Brasileiro, instituído pelo Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934, no entanto não foram estabelecidos, neste Código, limites para as faixas de proteção. Foi com o Código Florestal de 1965, Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que foram estabelecidos os primeiros limites e parâmetros das faixas de preservação de áreas marginais.

O Código Florestal de 1965 sofreu diversas alterações em seu texto original, principalmente em relação aos limites das Áreas de Preservação Permanente (APPs) que margeiam os cursos d'água, e vigorou até a data da publicação da Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências.

O uso do sensoriamento remoto e do geoprocessamento permite uma análise multitemporal das alterações ocorridas no uso e ocupação do solo em uma determinada região, possibilitando o monitoramento de áreas legalmente protegidas.

O objetivo geral deste trabalho foi fazer uma análise temporal da relação do uso e ocupação do solo com a situação das Áreas de Preservação Permanente marginais, em um período de 20 anos, da bacia hidrográfica do rio São José dos Dourados (UGRHI-18), no noroeste paulista, utilizando imagens do satélite Landsat-5 sensor TM (Thematic Mapper).

Especificamente objetivou-se determinar quais as substituições, referentes ao uso e ocupação do solo, vêm ocorrendo ao longo dos anos, tanto em termos de bacia quanto em termos de APPs.

Este trabalho justifica-se pelo fato de que a busca pela qualidade e disponibilidade da água, conservação do solo, preservação de fauna e flora e seus benefícios (ambientais, econômicos e sociais), estão intimamente ligados ao uso adequado das APPs das bacias hidrográficas, consideradas como unidades básicas de planejamento ambiental.

Dados e informações que revelem a relação histórica do uso e ocupação do solo com a situação das Áreas de Preservação Permanente marginais de uma bacia hidrográfica são fundamentais para práticas mais eficientes e específicas de manejo da manutenção, proteção e recuperação dessas unidades naturais, identificando cenários e tendências que subsidiam a tomada de decisões de uso antrópico, contribuindo para a prática do desenvolvimento sustentável.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Geoprocessamento e a análise ambiental

O desenvolvimento das ciências naturais, como a geologia, a geomorfologia, a pedologia e a ecologia, que se iniciou no século XIX e que posteriormente teve grande impulso, deu origem a novas necessidades de mapeamento, apresentando um grande aumento de demanda por mapas topográficos e temáticos, devido principalmente à maior necessidade de exploração dos recursos naturais. O SIG é uma ferramenta computacional criada especialmente para armazenamento, manipulação e exibição de dados e informações espacialmente distribuídos (BURROUGH, 1986).

A necessidade crescente de representação do espaço geográfico e dos fenômenos possibilitou o surgimento de avanços tecnológicos como: a cartografia digital, o sensoriamento remoto e o geoprocessamento. O que permitiu uma constante análise e sistematização do conhecimento geográfico para o aprimoramento de pesquisas, principalmente dentro do âmbito da questão ambiental. A análise de mudanças ambientais ocorridas em uma região somente pode ser amplamente estudada com o emprego de imagens de satélites (sensoriamento remoto) que possibilitam o estudo do espaço ao longo do tempo e também do geoprocessamento (SIG), que permite a aquisição, armazenamento e manipulação de informações de forma rápida e eficiente, proporcionando a tomada de decisões e dirimindo os impactos ambientais (RODRÍGUEZ, 2005).

Fitz (2008) considera o geoprocessamento como uma tecnologia, ou mesmo um conjunto de tecnologias, que possibilita a manipulação, a análise, a simulação de modelagens e a visualização de dados georreferenciados. Define SIG como um sistema constituído por um conjunto de programas computacionais, o qual integra dados, equipamentos e pessoas com o objetivo de coletar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar dados espacialmente referenciados a um sistema de coordenadas conhecido.

Costa e Silva (2011) descrevem que em estudos que manipulam uma grande quantidade de dados ambientais (inclusive bastante diversificados) necessitam, pela sua própria natureza, de georreferenciamento e do uso de técnicas que permitam – nas diferentes fases do trabalho – o cruzamento e a análise de

informações territorialmente espacializadas (mapas digitais temáticos). Nesse sentido, a aplicação de SGIs (Sistemas Geográficos de Informações) tornou-se uma ferramenta poderosa que permite não somente maior rigor e precisão nas análises, mas também a atualização periódica desses dados, num intervalo de tempo cada vez menor, gerando uma dinâmica contínua de monitoramento da área a ser protegida.

Os ambientes construídos ou transformados pela ação do homem ocupam cada vez mais áreas de superfície terrestre. O homem transforma os espaços por meio da derrubada das matas; implantação de pastagens e cultivos; construção de estradas, portos, aeroportos e represas; retificação e canalização de cursos d'água; exploração mineral; e implantação de indústrias e áreas urbanas. As imagens obtidas por sensores remotos contribuem na identificação desses diferentes usos do espaço terrestre, dividido em urbano e rural. O aspecto multitemporal dessas imagens permite acompanhar as transformações do espaço ao longo do tempo; recurso essencial na fiscalização do cumprimento da legislação (FLORENZANO, 2011).

De acordo com Skidmore (2002) o uso da terra e o desenvolvimento sustentável são baseados em dois fatores críticos. Em primeiro lugar, a política nacional, regional e local, através de diversos mecanismos, incluindo legislação e definição de áreas de proteção. Em segundo lugar, o uso sustentável da terra requer a participação, e os benefícios para as pessoas locais (agricultores, gestores, proprietários de terras, as partes interessadas). Estes elementos exigem a prestação de informação oportuna, precisa e detalhada sobre os recursos terrestres, bem como suas alterações. Estas informações espaciais são fornecidas, e aplicadas através de sistema de informação geográfica (SIG) e sensoriamento remoto. Melhor informação espacial e mapas levam a um melhor planejamento e tomada de decisão em todos os níveis e escalas, podendo gerar harmonia entre produção e conservação através de uma paisagem.

Jacintho (2003) ressalta que a análise da aplicação das técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto no planejamento territorial tem sido alvo de inúmeros estudos acadêmicos, e que os recursos para processamento da informação têm se desenvolvido rapidamente, tornando-se cada vez mais acessíveis e baratos, havendo mesmo um grande número de "softwares", imagens de satélites e bases cartográficas digitais, que são distribuídos livremente.

Para Borges (2008), a ferramenta de geoprocessamento se aproxima ao máximo da realidade de campo sendo importante forma de aplicação prática das normas jurídicas que tutelam as APPs ao longo dos cursos d'água. É considerada ferramenta imprescindível e essencial para o levantamento, monitoramento e fiscalização dos aspectos das APPs, auxiliando no gerenciamento dos estudos de dinâmica da paisagem e em ações de conflito detectados na bacia hidrográfica em sua totalidade.

2.2 A bacia hidrográfica como unidade de pesquisa e planejamento ambiental

Muitas definições para bacia hidrográfica foram sugeridas, a definição propostas por Barrella (2001) descreve um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, seu contorno é limitado pelas partes mais altas do relevo, conhecidas como divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático. As águas superficiais escoam para as partes mais baixas do terreno, formando riachos e rios, sendo que as cabeceiras são formadas por riachos que brotam em terrenos íngremes das serras e montanhas e à medida que as águas dos riachos descem, juntam-se a outros riachos, aumentando o volume e formando os primeiros rios, esses pequenos rios continuam seus trajetos recebendo água de outros tributários, formando rios maiores até desembocarem no oceano.

Para Pereira (2010) bacias hidrográficas são exemplos de sistemas complexos, em virtude da variedade de elementos componentes e dos fluxos de interação entre estes. Em função dessa complexidade, essa região geográfica, bem delimitada, pode ser estudada aplicando-se os conceitos de ecossistema e geossistema. Nos ecossistemas, os fluxos dominantes são os da interação vertical, pois abrangem cadeias alimentares pelas quais fluem as energias, conjuntamente com os ciclos biológicos necessários para a reciclagem dos nutrientes essenciais. Os geossistemas, também designados como sistemas ambientais físicos, representam a organização espacial resultante da interação dos elementos físicos e biológicos da natureza (clima, topografia, geologia, águas, vegetação, animais, solos).

Os estudos espaciais em nível de bacias hidrográficas são relevantes por proporcionar uma visão geral dos elementos naturais pertencentes à mesma, favorecendo ações de manutenção da qualidade ambiental da área (VANACKER, *et al*, 2005). O conceito de bacia hidrográfica cada vez mais vem sendo utilizado, como uma unidade ecossistêmica, na área de planejamento ambiental (TEODORO *et al*, 2007).

Para Lima (2006) a microbacia, por ser uma unidade ecológica e geomorfológica natural, consiste na unidade fundamental de planejamento, além de proporcionar estrutura básica de avaliação processual dos impactos das práticas de manejo, fornecendo informações relevantes para o contínuo redirecionamento do plano de manejo, e apresentar, também, racionalidade econômica.

Reschilian (2012) destaca que a bacia hidrográfica como unidade territorial de planejamento adquiriu esse status a partir dos conflitos relativos à oferta hídrica em quantidade e qualidade que fossem suficientes tanto a perpetuação da acumulação de riqueza e sua reprodução, quanto à garantia da sobrevivência humana, sem a qual não há a reprodução do capital, e consequente desenvolvimento. A bacia hidrográfica é justamente o palco dessas ações e degradações, refletindo todos os efeitos. A identificação da bacia como elemento catalisador dos processos ambientais e das interferências humanas tem conduzido à aplicação do conceito de “gerenciamento de bacias hidrográficas”. Essa visão de planejamento surge a partir do século XX, seguindo uma tendência mundial, quando entram na pauta dos debates políticos, econômico e social, as questões relativas ao meio ambiente e seu arcabouço jurídico e institucional.

Brooks (1991) definiu ‘manejo de bacias hidrográficas’ como o processo de organizar e orientar o uso da terra e de outros recursos naturais numa bacia hidrográfica, a fim de produzir bens e serviços, sem destruir ou afetar adversamente o solo e a água.

No Brasil a Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, fundamenta em seu Art. 1º, a bacia hidrográfica como a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

2.3 Áreas de preservação permanente marginais

A nomenclatura científica utilizada para as formações vegetais ou florestais que ocorrem ao longo dos cursos d'água e no entorno de nascentes é muito diversificada.

Revendo os termos utilizados para essas áreas ou vegetações, Kobiyama (2003) nota uma enorme diversidade da terminologia. Com destaque para as terminologias: área ripária, zona ripária, floresta ripária, vegetação ripária, mata ciliar, floresta ciliar, floresta de galeria, floresta de brejo, floresta de várzea, floresta paludosa, formação ribeirinha, faixa de armazenamento, zona de armazenamento, zona de manejo ripário, áreas de preservação permanente ciliares, entre outras.

Como este trabalho busca avaliar a situação das Áreas de Preservação Permanente delimitadas pela legislação, ao longo dos cursos d'água, no entorno de nascentes e reservatórios, a nomenclatura aqui utilizada para este fim será 'Áreas de Preservação Permanente Marginais'.

2.3.1 Degradação das áreas de preservação permanente marginais

O processo de desenvolvimento humano, com suas diversas formas de uso e ocupação do solo, foi modificando a paisagem e trazendo consigo um processo de degradação dos recursos naturais. Com destaque para o desflorestamento e suas consequências, incluindo as áreas marginais.

A expansão da agropecuária e o crescimento de áreas urbanas (e suas demandas), sem planejamento, são os principais exemplos de atividades antrópicas que geraram e ainda continuam gerando alterações no uso e ocupação do solo com o consequente desflorestamento de áreas de interesse ambiental.

Bacha (2004) descreve que, desde o seu descobrimento pelos portugueses em 1500, as florestas nativas brasileiras têm sido removidas com o intuito de dar lugar a outras atividades – agropecuárias, industriais (inclusive mineração), de infraestrutura econômica (como estradas e hidrelétricas) ou para a expansão urbana.

Rodrigues e Gandolfi (2001) afirmam que no Brasil, assim como na maioria dos países, a degradação das áreas ciliares sempre foi e continua sendo fruto da expansão desordenada das fronteiras agrícolas.

O desflorestamento mundial possui hoje proporções gigantescas, conforme estudo da Embrapa Monitoramento por Satélite sobre a evolução das florestas mundiais, dos 64 milhões de km² de florestas existentes antes da expansão demográfica e tecnológica dos humanos, restam menos de 15,5 milhões, cerca de 24%. Mais de 75% das florestas primárias já desapareceram (MIRANDA *et al*, 2007). Segundo esse mesmo estudo, o Brasil possui 69,4% de suas florestas primitivas.

No entanto, o Brasil é um País com dimensões continentais, com área de 8.515.767,049 km² (IBGE, 2010), possui expansão do uso e ocupação do solo diferente em suas diversas região.

Para o Estado de São Paulo que possui área de 248.222,801 km² (IBGE, 2010), de acordo com o Inventário Florestal da Vegetação Nativa do Estado (2009), este possui 17,5% de sua cobertura vegetal nativa (SIFESP).

Almeida (2005), estudando as bacias hidrográficas do Estado de São Paulo (considerando a divisão geográfica do estado em 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI) descreve que a bacia do rio São José dos Dourados, é a que apresentou o maior índice de desmatamento, uma vez que restam apenas 6,9% de vegetação natural. Relata também que o avançado grau de desmatamento em que se encontra a bacia do rio São José dos Dourados se faz sentir também na região ripária de seus cursos d'água onde restam apenas 8,3% da cobertura original de vegetação natural.

De acordo com o Guia do Sistema Paulista de Recursos Hídricos, a UGRHI-18 apresenta 449 km² de vegetação natural remanescente, aproximadamente 6,5% da área (IF, 2009).

2.3.2 Histórico Legal das áreas de preservação permanente marginais

A primeira lei que estabeleceu a proteção de áreas marginais foi o Código Florestal Brasileiro, instituído pelo Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934 (LINDNER *et al*, 2003) . No entanto não foram estabelecidos, neste Código, limites para as faixas de proteção.

Vale ressaltar que neste mesmo ano (1934) também foram editados o Código das Águas através do Decreto nº 24.643/34, que buscou disciplinar o uso das margens dos cursos d'água (entre outros), e o Decreto nº 24.645/34, com medidas de proteção e defesa dos animais.

Já em seu Art. 1º, o Código Florestal de 1934 passou a considerar as florestas como bem de interesse comum, com limitações aos direitos de propriedade.

Art. 1º As florestas existentes no território nacional, consideradas em conjunto, constituem bem de interesse comum a todos os habitantes do País, exercendo-se os direitos de propriedade com limitações que as leis, em geral, e especialmente este Código, estabelecem.

As limitações de uso foram estabelecidas em função do tipo florestal existente, que foram classificados da seguinte maneira.

Art. 3º As florestas classificam-se em:

a) protetoras;

b) remanescentes;

c) modelo;

d) de rendimento.

E são nos Arts. 4º, 8º e 22º que se observa, através das florestas protetoras, as primeiras descrições legais que buscaram preservar as áreas marginais, tornando-as de conservação perene, porém passíveis de exploração limitada (como pode ser observado no Art. 53º).

Art. 4º Serão consideradas florestas protetoras as que, por sua localização, servirem conjunta ou separadamente para qualquer dos fins seguintes:

a) conservar o regime das águas;

b) evitar a erosão das terras pela ação dos agentes naturais;

.....

e) assegurar condições de salubridade pública;

.....

Art. 8º Consideram-se de conservação perene, ..., as florestas protetoras e as remanescentes.

.....

Art. 22º É proibido mesmo aos proprietários:

.....

b) derrubar, nas regiões de vegetação escassa, para transformar em lenha, ou carvão, matas ainda existentes ás margens dos cursos d'água, lagos e estradas de qualquer natureza entregues á serventia publica;

.....

g) cortar árvores em florestas protetoras ou remanescentes (excluídos os parques), mesmo em formação, sem licença previa da autoridade florestal competente, ...

h) devastar a vegetação ... que por sua situação, estejam evidentemente compreendidas em qualquer das hipóteses previstas nas letras a *a* g*, do artigo 4º.*

.....

Art. 53º As florestas protetoras e remanescentes, que não constituírem parques nacionais, estaduais, ou municipais, poderão ser objeto de exploração limitada.

Com o Código Florestal de 1965, Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, surge, através do Art. 2º, a nomenclatura Florestas de Preservação Permanente, que na sua forma original determinou as seguintes proteções das áreas marginais:

Art. 2º Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

a) ao longo dos rios ou de outro qualquer curso d'água, em faixa marginal cuja largura mínima será:

1- de 5 (cinco) metros para os rios de menos de 10 (dez) metros de largura;

2- igual à metade da largura dos cursos que meçam de 10 (dez) a 200 (duzentos) metros de distancia entre as margens;

3- de 100 (cem) metros para todos os cursos cuja largura seja superior a 200 (duzentos) metros.

b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;

c) nas nascentes, mesmo nos chamados "olhos d'água", seja qual for a sua situação topográfica;

Miranda (2008) e Borges (2011) consideram que as Florestas de Preservação Permanente instituídas pelo Código Florestal de 1965, tiveram origem nas Florestas Protetoras instituídas pelo Código Florestal de 1934.

Como será demonstrado a diante, o Código Florestal de 1965 sofreu diversas alterações em seu texto original. E foi através da Medida Provisória nº

2.166-67, de 24 de agosto de 2001, que a nomenclatura Florestas de Preservação Permanente foi substituída por Áreas de Preservação Permanente (APPs).

Art. 1º Os arts. 1º, 4º, 14º, 16º e 44º, da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, passam a vigorar com as seguintes redações:

Art. 1º .....

§ 2º Para os efeitos deste Código, entende-se por:

.....

II - Área de preservação permanente: área protegida nos termos dos Arts. 2º e 3º desta Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas.

De acordo com Borges (2011) a nomenclatura Florestas de Preservação Permanente gerava duplo sentido na interpretação da norma jurídica, pois se considerava de preservação permanente apenas as formações vegetais compostas por florestas. Isso fazia com que a norma não fosse cumprida nos locais onde não havia vegetação.

Outras alterações foram efetuadas no texto original do Código Florestal de 1965, principalmente em relação aos limites das Áreas de Preservação Permanente marginais.

Em seu texto final (Código Florestal de 1965), os limites das APPs ao longo dos cursos d'água foram definidos por redação dada pela Lei nº 7.803, de 18 de julho de 1989.

Art. 1º A Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, passa a vigorar com as seguintes alterações:

I - o art. 2º passa a ter a seguinte redação:

Artigo 2º - Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima seja:

1 - de 30 m (trinta metros) para os cursos de d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

2 - de 50 m (cinqüenta metros) para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 m (cinqüenta metros) de largura;

3 - de 100 m (cem metros) para os cursos d'água que tenham de 50 (cinqüenta) a 200 m (duzentos metros) de largura;

4 - de 200 m (duzentos metros) para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 m (seiscentos metros) de largura;

5 - de 500 m (quinhentos metros) para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 m (seiscentos metros) de largura;

Para as APPs ao redor dos reservatórios d'água artificiais, a redação final do Código Florestal de 1965 foi substituída pela Resolução CONAMA 302, de 20 de março de 2002.

Art 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área com largura mínima, em projeção horizontal, no entorno dos reservatórios artificiais, medida a partir do nível máximo normal de:

I - trinta metros para os reservatórios artificiais situados em áreas urbanas consolidadas e cem metros para áreas rurais;

II - quinze metros, no mínimo, para os reservatórios artificiais de geração de energia elétrica com até dez hectares, sem prejuízo da compensação ambiental.

III - quinze metros, no mínimo, para reservatórios artificiais não utilizados em abastecimento público ou geração de energia elétrica, com até vinte hectares de superfície e localizados em área rural.

.....

§ 6º Não se aplicam as disposições deste artigo às acumulações artificiais de água, inferiores a cinco hectares de superfície, desde que não resultantes do barramento ou represamento de cursos d`água e não localizadas em Área de Preservação Permanente, à exceção daquelas destinadas ao abastecimento público.

Para as APPs ao redor dos lagos e lagoas naturais, a redação final do Código Florestal de 1965 foi substituída pela Resolução CONAMA 303, de 20 de março de 2002.

Art. 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área situada:

.....

III - ao redor de lagos e lagoas naturais, em faixa com metragem mínima de:

a) trinta metros, para os que estejam situados em áreas urbanas consolidadas;

b) cem metros, para as que estejam em áreas rurais, exceto os corpos d`água com até vinte hectares de superfície, cuja faixa marginal será de cinqüenta metros;

E para as APPs no entorno das nascentes, o texto final do Código Florestal de 1965 foi definido pela Lei nº 7.803, de 18 de julho de 1989.

Art. 1º A Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, passa a vigorar com as seguintes alterações:

I - o art. 2º passa a ter a seguinte redação:

Artigo 2º - Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

.....

c) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50m (cinqüenta metros) de largura;

O Código Florestal de 1965 vigorou até a data da publicação da Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012, alterada pela Lei 12.727, de 17 de outubro de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências.

Para as APPs de cursos d'água foram mantidas as mesmas dimensões da lei anterior, no entanto, são contabilizadas a partir da borda da calha do leito regular e não do seu nível mais alto (Art 4º, Inciso I, Lei 12.727/12).

Não é exigida Área de Preservação Permanente no entorno de reservatórios artificiais de água que não decorram de barramento ou represamento de cursos d'água naturais (Art 4º, § 1º, Lei 12.727/12). E ficou dispensado o estabelecimento de faixas de APP no entorno das acumulações naturais ou artificiais de água com superfície inferior a 1 hectare, vedada nova supressão de áreas de vegetação nativa (Art 4º, § 4º, Lei 12.727/12).

Na implantação de reservatório d'água artificial destinado a geração de energia ou abastecimento público, ficou obrigatória a aquisição, desapropriação ou instituição de servidão administrativa pelo empreendedor das Áreas de Preservação Permanente criadas em seu entorno, conforme estabelecido no licenciamento ambiental, observando-se a faixa mínima de 30 (trinta) metros e máxima de 100

(cem) metros em área rural, e a faixa mínima de 15 (quinze) metros e máxima de 30 (trinta) metros em área urbana (Art 5º, Lei 12.727/12).

Com relação às nascentes e olhos d'água, foi retirado o caráter de intermitência do conceito de nascente, mantendo-se somente para olho d'água (Art 3º, Incisos XVII e XVIII, Lei 12.651/12), sendo definido como APP somente 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 (Art 4º, Inciso IV, Lei 12.727/12).

Outra novidade trazida pela Lei Federal nº 12.651/2012 é o conceito de Área Rural Consolidada, como área de imóvel rural com ocupação antrópica preexistente a 22 de julho de 2008, com edificações, benfeitorias ou atividades agrossilvipastoris, admitida, neste último caso, a adoção do regime de pousio (Art 3º, Inciso IV, Lei 12.651/12).

Nas Áreas de Preservação Permanente, é autorizada, exclusivamente, a continuidade das atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo e de turismo rural em áreas rurais consolidadas até 22 de julho de 2008 (Art 61º -A, Lei 12.727/12). Com relação à recuperação e recomposição das faixas de APPs (de cursos d'água, nascentes, lagos e lagoas naturais e veredas) consideradas como Área Rural Consolidada, a nova Lei prevê a recomposição escalonada da vegetação nativa estabelecendo o tamanho da propriedade, com base no módulo fiscal, como critério para a determinação das faixas de recomposição (Art 61º -A, § 1º a 7º, Lei 12.727/12).

Para uma melhor visualização das principais alterações legislativas ocorridas ao longo do tempo com os limites das Áreas de Preservação Permanente marginais, são apresentadas as tabelas abaixo.

Tabela 1 - Alterações legislativas dos limites das APPs de cursos d'água

<table>
<tr><td rowspan="4">Largura do curso d'água (m)</td><td colspan="5">Período</td></tr>
<tr><td>Entre 15/09/65* e 07/07/86**</td><td>Entre 07/07/86 e 18/07/89***</td><td>Entre 18/07/89 e 20/03/02****</td><td>Entre 20/03/02 e 25/05/12*****</td><td>De 25/05/12 em diante</td></tr>
<tr><td colspan="5">Descrição</td></tr>
<tr><td colspan="2">Ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água, em faixa marginal</td><td>Ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o nível mais alto em faixa marginal</td><td>Em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal</td><td>As faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="5">Faixa marginal considerada de proteção (m)</td></tr>
<tr><td>< 10</td><td>5</td><td colspan="4">30</td></tr>
<tr><td>10 - 50</td><td rowspan="4">Metade da largura do curso d'água</td><td>50</td><td colspan="3">50</td></tr>
<tr><td>50 -100</td><td>100</td><td colspan="3" rowspan="3">100</td></tr>
<tr><td>100 -150</td><td rowspan="2">150</td></tr>
<tr><td>150 -200</td></tr>
<tr><td>200 - 600</td><td rowspan="2">100</td><td rowspan="2">Igual à distância entre as margens</td><td colspan="3">200</td></tr>
<tr><td>> 600</td><td colspan="3">500</td></tr>
</table>

* Data da publicação da Lei Federal nº 4.771/1965

** Data da publicação da Lei Federal nº 7.511/1986

*** Data da publicação da Lei Federal nº 7.803/1989

**** Data da publicação da Resolução CONANA nº 303/2002

***** Data da publicação da Lei Federal nº 12.651/2012 (Atualizada pela Lei nº 12.727/2012)

Tabela 2 - Alterações legislativas dos limites das APPs ao redor de reservatórios artificiais

<table>
<tr><td rowspan="3">Uso e área superficial do reservatório artificial</td><td colspan="4">Período</td></tr>
<tr><td>Entre 15/09/65* e 20/01/86**</td><td>Entre 20/01/86 e 20/03/02***</td><td>Entre 20/03/02 e 25/05/12****</td><td>De 25/05/12 em diante</td></tr>
<tr><td colspan="4">Descrição</td></tr>
<tr><td></td><td>Ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água artificiais</td><td>Desde o nível mais alto medido horizontalmente, em faixa marginal</td><td>Em projeção horizontal, no entorno dos reservatórios artificiais, medida a partir do nível máximo normal</td><td>As áreas no entorno dos reservatórios d’água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d’água naturais</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">Faixa marginal considerada de proteção (m)</td></tr>
<tr><td>Geração de energia elétrica (área ≤ 10 ha)</td><td rowspan="6">Sem delimitação</td><td rowspan="2">100</td><td>15</td><td rowspan="4">Faixa definida na Licença Ambiental

Área urbana – 15 a 30
Área rural – 30 a 100</td></tr>
<tr><td>Geração de energia elétrica (área > 10 ha)</td><td rowspan="3">Área urbana consolidada – 30
Área rural – 100</td></tr>
<tr><td>Abastecimento público (área ≤ 20 ha)</td><td>Área urbana – 30
Área rural – 50</td></tr>
<tr><td>Abastecimento público (área > 20 ha)</td><td>Área urbana – 30
Área rural – 100</td></tr>
<tr><td>Outros usos (área ≤ 20 ha)</td><td>Área urbana – 30
Área rural – 50</td><td>Área urbana consolidada – 30
Área rural – 15</td><td rowspan="2">Faixa definida na Licença Ambiental</td></tr>
<tr><td>Outros usos (área > 20 ha)</td><td colspan="2">Área urbana – 30
Área rural – 100</td></tr>
<tr><td colspan="4">Outros usos (área < 1 ha)</td><td>Dispensada</td></tr>
</table>

* Data da publicação da Lei Federal nº 4.771/1965

** Data da publicação da Resolução CONAMA nº 004/1985

*** Data da publicação da Resolução CONAMA nº 302/2002

**** Data da publicação da Lei Federal nº 12.651/2012 (Atualizada pela Lei nº 12.727/2012)

Tabela 3 - Alterações legislativas dos limites das APPs ao redor de reservatórios naturais

<table>
<tr><td rowspan="5">Área do reservatório natural</td><td colspan="4">Período</td></tr>
<tr><td>Entre 15/09/65* e 20/01/86**</td><td>Entre 20/01/86 e 20/03/02***</td><td>Entre 20/03/02 e 25/05/12****</td><td>De 25/05/12 em diante</td></tr>
<tr><td colspan="4">Descrição</td></tr>
<tr><td>Ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais</td><td>Desde o seu nível mais alto medido horizontalmente, em faixa marginal</td><td>Em faixa, ao redor de lagos e lagoas naturais</td><td>Em faixa, no entorno dos lagos e lagoas naturais</td></tr>
<tr><td colspan="4">Faixa marginal considerada de proteção (m)</td></tr>
<tr><td>≤ 20 ha</td><td rowspan="2">Sem delimitação</td><td colspan="3">Área urbana – 30
Área rural – 50</td></tr>
<tr><td>> 20 ha</td><td colspan="3">Área urbana – 30
Área rural – 100</td></tr>
<tr><td colspan="3">< 1 ha (rural e urbano)</td><td>Dispensada</td></tr>
</table>

* Data da publicação da Lei Federal nº 4.771/1965

** Data da publicação da Resolução CONAMA nº 004/1985

*** Data da publicação da Resolução CONAMA nº 303/2002

**** Data da publicação da Lei Federal nº 12.651/2012 (Atualizada pela Lei nº 12.727/2012)

Tabela 4 - Alterações legislativas dos limites das APPs de nascentes e olhos d'água

	Período			
	Entre 15/09/65* e 20/01/86**	Entre 20/01/86 e 18/07/89***	Entre 18/07/89 e 25/05/12****	De 25/05/12 em diante
	Descrição			
Nascente	Nas nascentes, mesmo nos chamados "olhos d'água", seja qual for a sua situação topográfica	Nas nascentes permanentes ou temporárias incluindo os olhos d'água, seja qual for a sua situação topográfica, de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia de drenagem contribuinte.	Nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica	No entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica
	Faixa marginal considerada de proteção - raio (m)			
APP	Sem delimitação	50		

* Data da publicação da Lei Federal nº 4.771/1965

** Data da publicação da Resolução CONAMA nº 004/1985

*** Data da publicação da Lei Federal nº 7.803/1989

**** Data da publicação da Lei Federal nº 12.651/2012 (Atualizada pela Lei nº 12.727/2012)

2.3.3 Funções das áreas de preservação permanente marginais

A grande amplitude de funções relativas às APPs marginais se deve principalmente a heterogeneidade ambiental apresentada por essas formações e de sua localização, sendo área de transição entre o ambiente terrestre e o aquático (ecotono). São áreas que apresentam, segundo Junk (1989), alta biodiversidade e estão entre as mais produtivas do mundo.

De acordo com Rodrigues & Shepherd (2001) trabalhos realizados em florestas ciliares tem demonstrado que o mosaico vegetacional observado nessas formações é resultado não só da performace diferencial das espécies na dinâmica sucessional dessas áreas, mas principalmente em função da heterogeneidade ambiental característica das faixas ciliares, definidas pelas variações edáficas,

topográficas, de encharcamento do solo, das formações vegetais do entorno, das características hidrológicas da bacia e do curso d'água, entre outros.

Como relatado anteriormente, a primeira definição de Área de Preservação Permanente foi dada pela Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, que também procurou descrever suas funções.

Art. 1º .....

§ 2º Para os efeitos deste Código, entende-se por:

.....

II - Área de preservação permanente: área protegida nos termos dos Arts. 2º e 3º desta Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas.

De acordo com o texto legislativo, as APPs possuem funções hidrológicas, geomorfológicas, ecológicas e sociais.

Para Borges (2008), as APPs ao longo de corpos d'água são protegidas por lei devido às suas várias funções hidrológicas e ambientais, quais sejam:

• Estabilização das ribanceiras do rio;

• Estabilização térmica dos cursos d'água;

• Diminuição e filtragem do escoamento superficial;

• Aumento da capacidade de recarga do lençol freático;

• Impedimento da contaminação da água por resíduos agrícolas tóxicos;

• Formação de ambientes adequados ao desenvolvimento da fauna aquática e terrestre;

• Preservação de espécies vegetais e animais raras ou em risco de extinção;

• Corredor ecológico.

Para Gottle & Sène (1997), as florestas possuem principalmente as funções ambientais e de proteção, que correspondem à proteção dos recursos hídricos e do solo, conservação do habitat natural e da diversidade biológica, além da influência sobre o clima local e redução dos impactos das emissões de gases e função social de lazer e turismo.

A temática relativa às funções das áreas de preservação permanente marginais é bastante ampla, e geralmente as funções complementam umas às outras. Sendo assim, a proposta deste trabalho é ressaltar as funções mais relatadas.

2.3.3.1 Funções hidrológicas e geomorfológicas das áreas de preservação permanente marginais

Lima e Zakia (2001) relatam que a bacia hidrográfica é um sistema geomorfológico aberto, que recebe matéria e energia através de agentes climáticos e perde através de deflúvio. Levando em conta a integridade da microbacia hidrográfica, sob a ótica da hidrografia florestal, as matas ciliares ocupam as áreas mais dinâmicas da paisagem, tanto em termos hidrológicos, como ecológicos e geomorfológicos.

Ainda segundo Lima (2008), a cobertura vegetal, pela sua influência sobre processos hidrológicos tais como interceptação, transpiração, infiltração, percolação etc., constitui-se num dos fatores mais importantes que afetam a produção de água em microbacias. Destaca que a zona ripária desempenha sua função hidrológica através dos seguintes processos principais: geração do escoamento direto em microbacias, quantidade de água, qualidade da água, ciclagem de nutrientes e interação direta com o ecossistema aquático. Por esta razão tais áreas devem estar permanentemente protegidas pela vegetação ciliar (LIMA & ZAKIA, 2001). A destruição da mata ciliar pode, a médio e longo prazos, pela degradação da zona ripária, diminuir a capacidade de armazenamento da microbacia, e consequentemente a vazão na estação seca (LIMA & ZAKIA, 2001).

Em termos hidrológicos, além da influência na produção e armazenamento de água na bacia, as vegetações que margeiam os cursos d’água também influenciam na qualidade da água.

Hinkel (2003) explica que o termo "qualidade de água" está, simplesmente, associado às características químicas, físicas e biológicas, e que estudos mostram que a vegetação ripária é um ecossistema essencial para a conservação e a manutenção dos recursos hídricos de uma bacia, principalmente no que se refere aos aspectos qualitativos do corpo hídrico. As áreas de bacias com vegetação ao longo dos córregos apresentam valores de temperatura, turbidez e cor

aparente da água menores do que nas bacias com ausência de vegetação ripária, em áreas agrícolas. Dentre os parâmetros considerados no monitoramento da qualidade da água, os mais afetados pela retirada da cobertura florestal foram a turbidez, a cor e a produção de sedimentos em suspensão.

Bertoni & Lombardi Neto (2005), relatam que a cobertura vegetal é a defesa natural de um terreno contra a erosão. O efeito da vegetação pode ser assim enumerado: (a) proteção direta contra o impacto das gotas de chuva; (b) dispersão da água, interceptando-a e evaporando-a antes que atinja o solo; (c) decomposição das raízes das plantas que, formando canalículos no solo, aumentam a infiltração da água; (d) melhoramento da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica, aumentando assim sua capacidade de retenção de água; (e) diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada pelo aumento do atrito na superfície.

Sousa Junior (2005) descreve que os solos sem cobertura florestal nas áreas ciliares, têm redução drástica na sua capacidade de retenção de água de chuva, ou seja, em vez de infiltrar-se, a precipitação escoa sobre a superfície formando enormes enxurradas que não permitem o adequado abastecimento do lençol freático, promovendo a diminuição da água armazenada. As enxurradas, por sua vez, carregam partículas do solo iniciando o processo de erosão que, se não controlados, evoluem facilmente para voçorocas.

O processo erosivo por sua vez, acarreta uma série de outras alterações como a perda de camadas de solo, o desbarrancamento das margens dos corpos d'água e o assoreamento de cursos d'água e reservatórios, com efeitos ambientais e sociais negativos.

Segundo CPTI/IPT (2008) o problema do assoreamento resulta nos seguintes impactos mais relevantes:

• diminuição do armazenamento de água nos reservatórios;

• colmatação total de pequenos lagos e açudes;

• obstrução de canais de cursos d'água;

• destruição dos habitats aquáticos;

• indução de turbidez, prejudicando o aproveitamento da água e reduzindo as atividades de fotossíntese;

• degradação da água para o consumo;

• prejuízo dos sistemas de distribuição de água;

• veiculação de poluentes como pesticidas, fertilizantes, herbicidas, etc;

• veiculação de bactérias e vírus; e

• abrasão nas tubulações e nas partes internas das turbinas e bombas das usinas hidroelétricas.

2.3.3.2 Funções ecológicas das áreas de preservação permanente marginais

O ambiente ribeirinho reflete as características geológicas, geomorfológicas, climáticas, hidrológicas e hidrográficas, que atuam como elementos definidores da paisagem e, portanto das condições ecológicas locais (RODRIGUES, 2001).

As áreas marginais, devido a sua heterogeneidade ambiental, possuem grande diversidade de recursos e ambientes para a biodiversidade, como áreas de abrigo, alimentação e reprodução, para fauna e flora, aquática e terrestre.

Brown Jr. (2001), explica que as mínimas variações de topografia, textura e fertilidade de solos, estrutura e densidade da vegetação interagem com a disponibilidade de água e luz e o nível do lençol freático, realimentando-se uns aos outros para criar nas matas ciliares uma infinidade de microhabitats num espaço muito pequeno. Este universo hiperfragmentado tem condições de atrair, nutrir, e fixar uma diversidade biológica exagerada, favorecendo especialmente os organismos pequenos.

Entre os pesquisadores, há consenso de que as áreas marginais a corpos d'água – sejam elas várzeas ou florestas ripárias (entre outras áreas de preservação permanente) são áreas insubstituíveis em razão da biodiversidade e de seu alto grau de especialização e endemismo, além dos serviços ecossistêmicos essenciais que desempenham (SILVA *et al*., 2011).

Para Primack e Rodrigues (2001), a maior ameaça à diversidade biológica é a perda de habitat. Portanto, a maneira mais importante de proteger esta diversidade é preservando-se os habitats.

As áreas marginais preservadas possuem também a importante função de corredor ecológico, contribuindo para o fluxo gênico de fauna e flora.

Kageyama e Gandara (2001) descrevem que o uso de corredor ligando fragmentos florestais tem sido bastante enaltecido, em função de sua importância na aproximação de populações separadas pela fragmentação. Ainda segundo esses autores, Macedo (1993) cita que as matas ciliares são estratégicas para os

corredores, já que se recuperadas as matas ao longo de todos os cursos d'água, muito provavelmente a grande maioria dos fragmentos estarão interligados.

No cenário ambiental atual, outra importante função das áreas florestais é o sequestro de carbono e sua contribuição na regulação climática - aquecimento global.

Para Costa (2008), o aquecimento global é real, no entanto, ainda não são tão reais as formas de reverter toda esta dramática questão. Um dos passos importantes para auxiliar na resolução do problema é a prática do reflorestamento e/ou proteção da cobertura vegetal, pois a grande atuação natural para amenizar o problema do aquecimento passa pelo processo de absorção do gás carbônico e produção do oxigênio.

2.3.3.3 Funções sociais das áreas de preservação permanente marginais

As funções das áreas de preservação permanente marginais descritas anteriormente de uma forma ou de outra refletem como funções sociais, principalmente se levarmos em consideração o já consagrado tripé do desenvolvimento sustentável, o meio ambiente, a sociedade e a economia. Ou seja, as funções ambientais remetem as funções sociais e por consequência as funções econômicas.

Por influenciar na quantidade e qualidade das águas em uma bacia, a proteção das áreas de preservação permanente está diretamente vinculada à vida social humana, pois as águas destinadas ao consumo e atividades econômicas são captadas principalmente nos rios, reservatórios artificiais e reservas subterrâneas.

Francisco e Carvalho (2003) relatam que o impacto da urbanização em um meio natural pode ser facilmente apreendido analisando-se o ciclo hidrológico, qualquer sítio natural tem sua forma (sempre em transformação) em períodos recentes determinado principalmente pela ação das águas, entre outros condicionantes físicos. As águas pluviais dissipam-se através da evapotranspiração, da infiltração e do escoamento superficial. A urbanização reduz drasticamente a evapotranspiração e a infiltração, aumentando conseqüentemente o escoamento e ainda encurtando o seu tempo de concentração com graves reflexos nos cursos de drenagem natural, causando enchentes, erosão, assoreamento etc., que são manifestações da busca de novos estágios de equilíbrio consoante as leis físicas

básicas. A própria urbanização, no entanto, contraditoriamente, destrói ou reduz na maioria das vezes estes canais que passam a receber mais águas. Os aqüíferos diminuem acentuando o contraste dos períodos chuvosos e os de estiagem. Convive-se ao mesmo tempo com enchentes e estiagens, “abundância” e racionamento d’água.

De acordo com o Ministério do Meio, entre as diversas funções ou serviços ambientais prestados pelas APPs em meio urbano, vale mencionar:

• A proteção do solo prevenindo a ocorrência de desastres associados ao uso e ocupação inadequados de encostas e topos de morro;

• A proteção dos corpos d'água, evitando enchentes, poluição das águas e assoreamento dos rios;

• A manutenção da permeabilidade do solo e do regime hídrico, prevenindo contra inundações e enxurradas, colaborando com a recarga de aquíferos e evitando o comprometimento do abastecimento público de água em qualidade e em quantidade;

• A função ecológica de refúgio para a fauna e de corredores ecológicos que facilitam o fluxo gênico de fauna e flora, especialmente entre áreas verdes situadas no perímetro urbano e nas suas proximidades;

• A atenuação de desequilíbrios climáticos intra-urbanos, tais como o excesso de aridez, o desconforto térmico e ambiental e o efeito "ilha de calor".

As APPs têm grande influência na qualidade de vida do homem do campo, Skorupa (2003), revendo a importância das APPs como componentes físicos do agroecossistema e com relação aos serviços ecológicos prestados, descreve que fica claro a importância das APPs para que se viabilize uma produção sustentável a longo prazo no campo, associando uma produção agrícola saudável, a qualidade ambiental e o bem-estar das populações. Dentre as importâncias fundamentais que as APPs assumem no meio rural, destaca:

• Nas margens de cursos d’água ou reservatórios, garantindo a estabilização de suas margens evitando que o seu solo seja levado diretamente para o leito dos cursos, atuando como um filtro ou como um “sistema tampão”;

• Nas áreas de nascentes, a vegetação atua como um amortecedor das chuvas, evitando o seu impacto direto sobre o solo e a sua paulatina compactação;

• Geração de sítios para os inimigos naturais de pragas para alimentação, reprodução;

• Fornecimento de refúgio e alimento (pólen e néctar) para os insetos polinizadores de culturas;

• Controle de pragas do solo; - Reciclagem de nutrientes, entre outros.

No caso da bacia hidrográfica do Rio São José dos Dourados, tributário do rio Paraná, que neste ponto é represado pela barragem de Ilha Solteira, a erosão, acelerada pela falta de APPs, também provoca o assoreamento do reservatório.

Maia (2006) estudando os problemas que o assoreamento causa à operação dos reservatórios formados por barragens, destaca como medida preventiva, a manutenção de florestas remanescentes, com o florestamento ou reflorestamento principalmente das matas ciliares ao longo do lago e das margens dos rios afluentes ao reservatório. Esta vegetação faz com que o solo fique mais protegido, uma vez que a chuva é interceptada pela vegetação, diminuindo o impacto da gota de água no solo, além da formação de serrapilheira, importante anteparo protetor do solo, que proporciona a redução da erosão do solo e do escoamento superficial da água, importante agente no transporte de sedimento.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

3.1.1 Área de estudo

3.1.1.1 Localização e dimensões

A área objeto de estudo deste trabalho pertence à bacia hidrográfica do rio São José dos Dourados (Região hidrográfica do rio Paraná), definida como a Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos 18 (UGRHI 18). Sua escolha justifica-se pelos seguintes itens:

• Por ser, entre as bacias do Estado de São Paulo, uma bacia hidrográfica de médio porte;

• Possui grande quantidade de área de espelho d'água, possuindo alta quantidade de Áreas de Preservação Permanente marginais;

• A bacia hidrográfica do SJD sofre influencia do reservatório de Ilha Solteira (rio Paraná), possuindo área representativa de reservatório artificial (maior faixa de APP);

• Possui alto grau de desmatamento;

• Não possui Unidades de Conservação;

• Possui alto potencial à erodibilidade do solo;

• Bacia tipicamente rural, passando, nas últimas décadas, por momento de transição entre a atividade predominantemente pecuária (pastagem) para a atividade sucroalcooleira (cana-de-açúcar), possibilitando analisar se com essa alteração as Áreas de Preservação Permanente marginais estão tendo seu uso remanejado;

• A bacia passa por período de transformações sociais, onde a maioria dos municípios vem incrementando sua população urbana em detrimento de sua população rural;

• Composta pelas duas representações de Biomas do Estado de São Paulo, Mata Atlântica e Cerrado.

A bacia hidrográfica do rio São José dos Dourados esta localizada a noroeste do Estado de São Paulo com limítrofes a UGRHI 15 (Turvo/Grande), a

norte e nordeste, a UGRHI 16 (Tietê/Batalha), a sudeste, e a UGRHI 19 (Baixo Tietê), a sul. A oeste limita-se com o Estado do Mato Grosso do Sul, separando-se do mesmo por meio do Rio Paraná represado pela barragem de Ilha Solteira (Figura 1).

Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do São José dos Dourados (UGRHI-18)
Fonte: IPT (2008)

A Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos 18 é constituída pelo rio São José dos Dourados e seus tributários, além de porções de áreas drenadas diretamente para o rio Paraná, situadas na porção oeste da bacia (Figura 2).

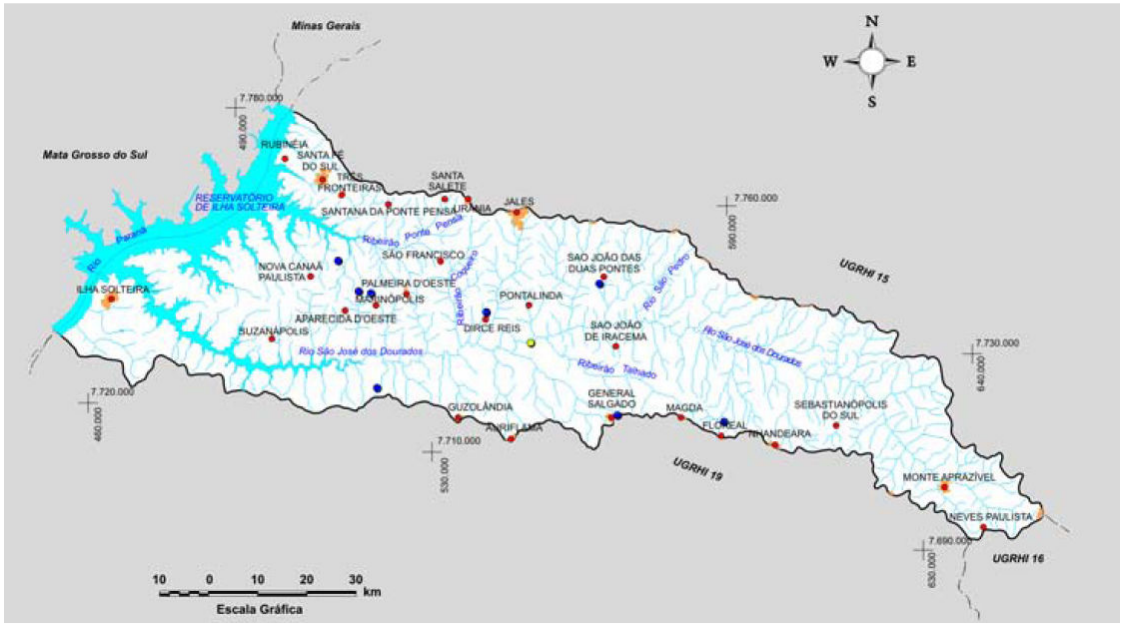


Figura 2 - Bacia hidrográfica do rio São José dos Dourados (UGRHI-18)
Fonte: Guia do Sistema Paulista de Recursos Hídricos (2009).

Possui área de 6.805,20 km², sendo que 6.439,30 km² tratam-se de terrenos expostos da bacia, enquanto que os outros 365,90 km² correspondem a áreas cobertas pelas águas do reservatório de Ilha Solteira, no rio Paraná (IPT, 2008).

De acordo com o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados, este possui extensão de 334,50 Km (PRODESP, 2005), sua nascente está localizada no município de Mirassol e deságua em Ilha Solteira no rio Paraná, é constituído por aproximadamente 35 afluentes em toda sua extensão.

3.1.1.2 Características socioeconômicas

A bacia hidrográfica do rio São José dos Dourados é composta por 25 municípios com sede em sua área, sendo que dos mesmos, 11 possuem território totalmente nela incluídos e os outros 14 possuem, também, áreas em UGRHIs vizinhas. Além disso, 16 outros municípios, com sede em outras UGRHIs, possuem território na área da UGRHI 18 (IPT, 2008).

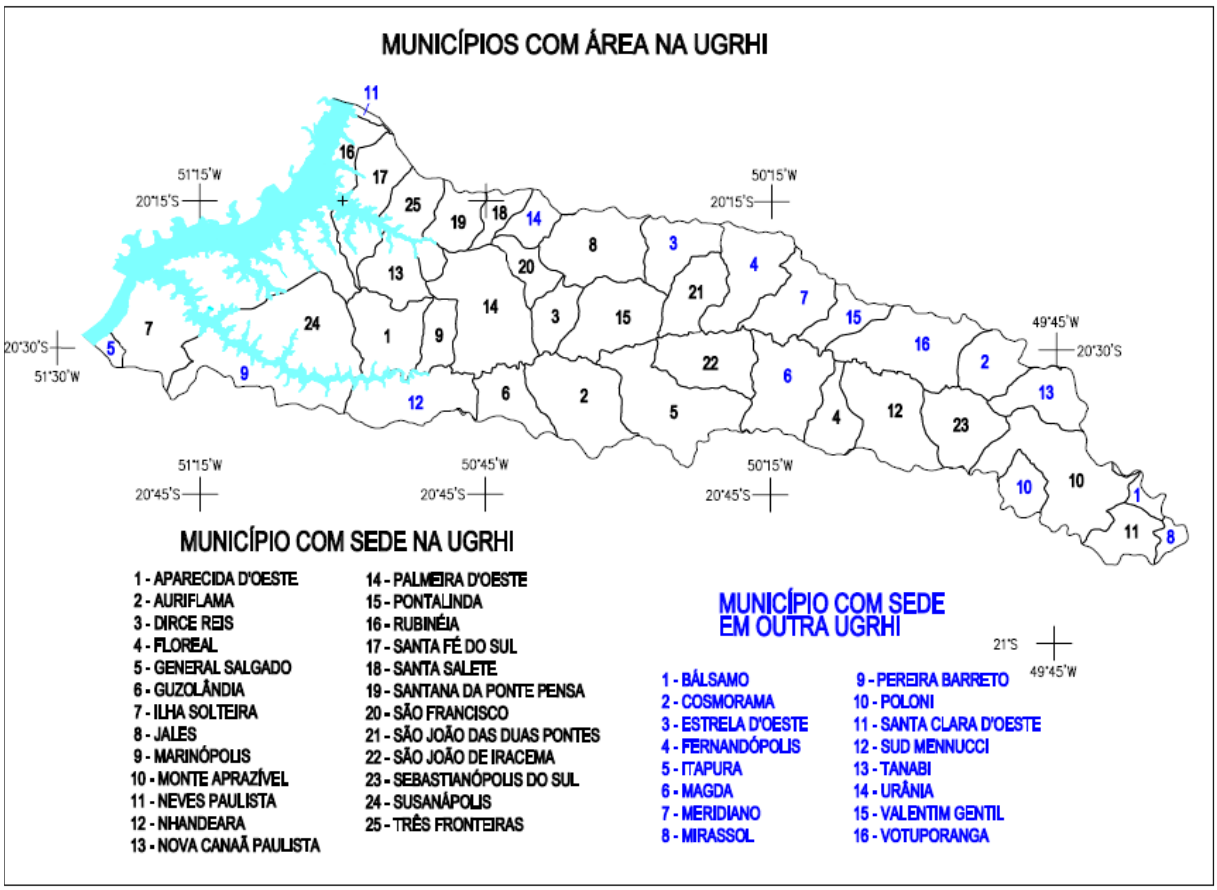


Figura 3 - Municípios que compõem a região da bacia do São José dos Dourados
Fonte: IPT (1990)

De acordo com o Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (2011), a UGRHI 18 possui 223.063 habitantes (SEADE, 2009). Dentre os 25 municípios, 22 têm menos de 25 mil habitantes e densidade demográfica abaixo de 50 hab/km². Os municípios apresentam pequenas populações, concentradas em diminutos núcleos urbanos, com economia baseada na pecuária extensiva e na atividade agrícola diversificada (algodão, abacaxi, arroz, feijão, mandioca, milho, soja, uva, banana, seringueira, café, coco da baía, laranja, limão, manga e tangerina), predominando a cultura de cana-de-açúcar.

A tendência de incremento da concentração nas zonas urbanas tende a ser geral e persistente na UGRHI 18, onde se constata o crescimento da população urbana e diminuição do número de habitantes da zona rural. De forma geral, a maioria dos municípios vem incrementando sua população urbana em detrimento de sua população rural. Entretanto, com base em dados do Censo de 2000 e da contagem de população de 2007 do IBGE, foi possível observar acréscimos de população rural nos municípios de Ilha Solteira e Suzanápolis (IPT, 2008).

3.1.1.3 Caracterização física

3.1.1.3.1 Geologia

As unidades geológicas que afloram na área da bacia hidrográfica do rio São José dos Dourados são as rochas ígneas basálticas da Formação Serra Geral, as rochas sedimentares dos Grupos Caiuá e Bauru (pertencentes à bacia Bauru) e os sedimentos quaternários associados à rede de drenagem (IPT, 1990).

3.1.1.3.2 Geomorfologia

De acordo com o Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (IPT 1981b), a Bacia do Rio São José dos Dourados localiza-se inteiramente na Província do Planalto Ocidental Paulista (IPT, 1990).

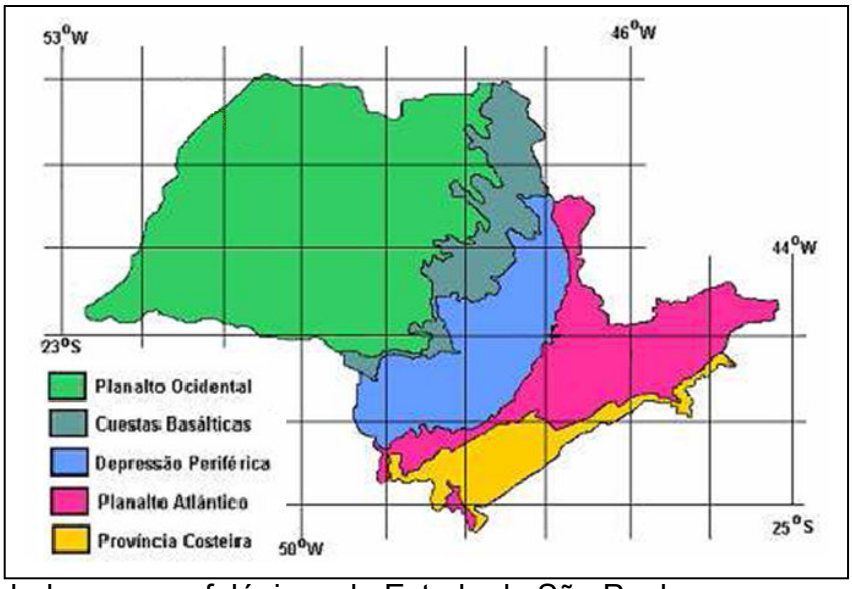


Figura 4 - Unidades geomorfológicas do Estado de São Paulo
Fonte: Extraído de RODRIGUES, 2007 (IPT – 1981 b)

Caracteriza-se por apresentar um relevo “monótono”, levemente ondulado, com predomínio de colinas que variam de amplas a médias que apresenta declividades inferiores a 15%, amplitudes inferiores a 100 m e interflúvios extensos. Neste tipo de relevo a rede de drenagem é organizada, na maior parte, por rios consequentes, que drenam no mesmo rumo do mergulho das camadas geológicas (IPT, 1999; CPTI, 2008).

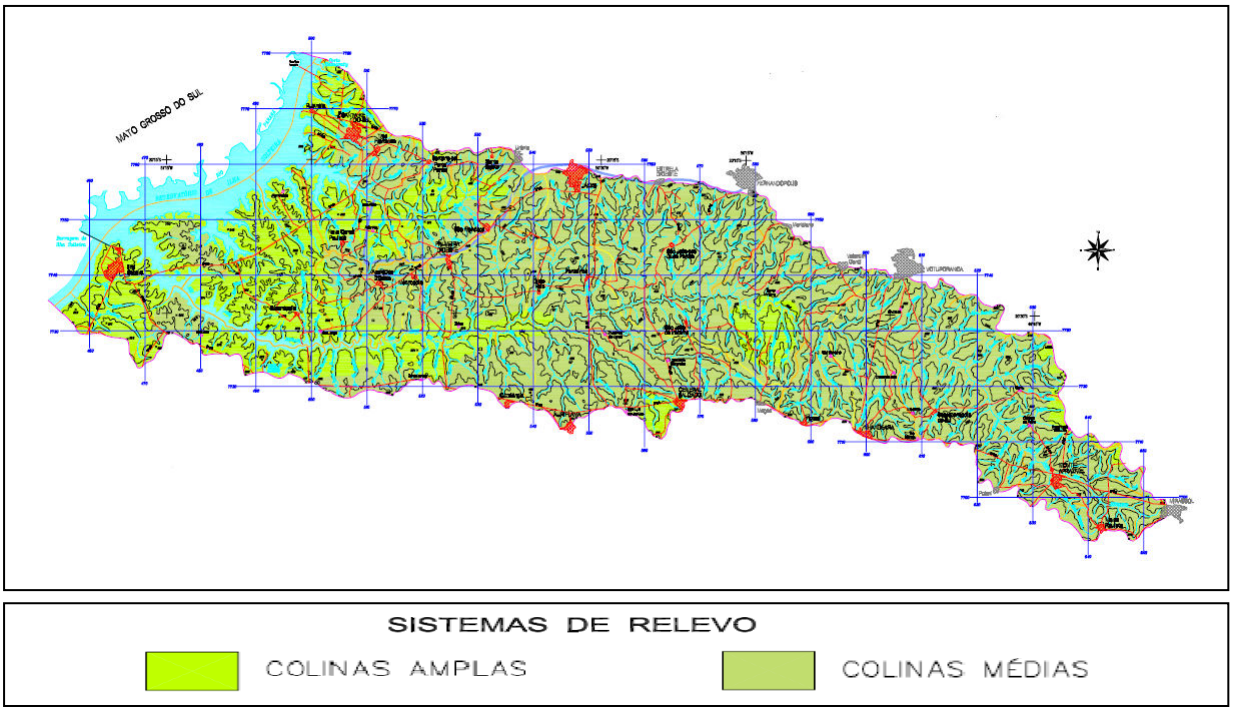


Figura 5 - Sistemas de relevo que compõem a região da bacia do SJD (UGRHI-18)
Fonte: IPT (1999)

Nas colinas amplas predominam interflúvios com área superior a 4 quilômetros quadrados, topos planos extensos e aplainados, vertentes com perfis retilíneos a convexos. Drenagem de baixa densidade, padrão subdendrítico, vales abertos, planícies aluviais interiores restritas, presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes.

Nas colinas médias predominam interflúvios com áreas de 1 a 4 quilômetros quadrados, topos aplainados, vertentes com perfis convexos e retilíneos. Drenagem de média a baixa densidade, padrão sub-retangular, vales abertos a fechados, planícies aluviais interiores restritas, presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes

A cota máxima corresponde a 570 m, na região de Neves Paulista, e a cota mínima é ligeiramente inferior a 300 m, na confluência do rio São José dos Dourados com o rio Paraná, no extremo oeste da bacia (IPT, 1999).

3.1.1.3.3 Pedologia

São seis tipos de solos caracterizados na área da UGRHI 18: Associação de LATOSSOLO VERMELHO Distrófico e Eutrófico, Associação de

LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico álico, Associação de ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico abrúptico, Associação ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico abrúptico, Associação de ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico e Associação de ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico (CPTI, 2008).

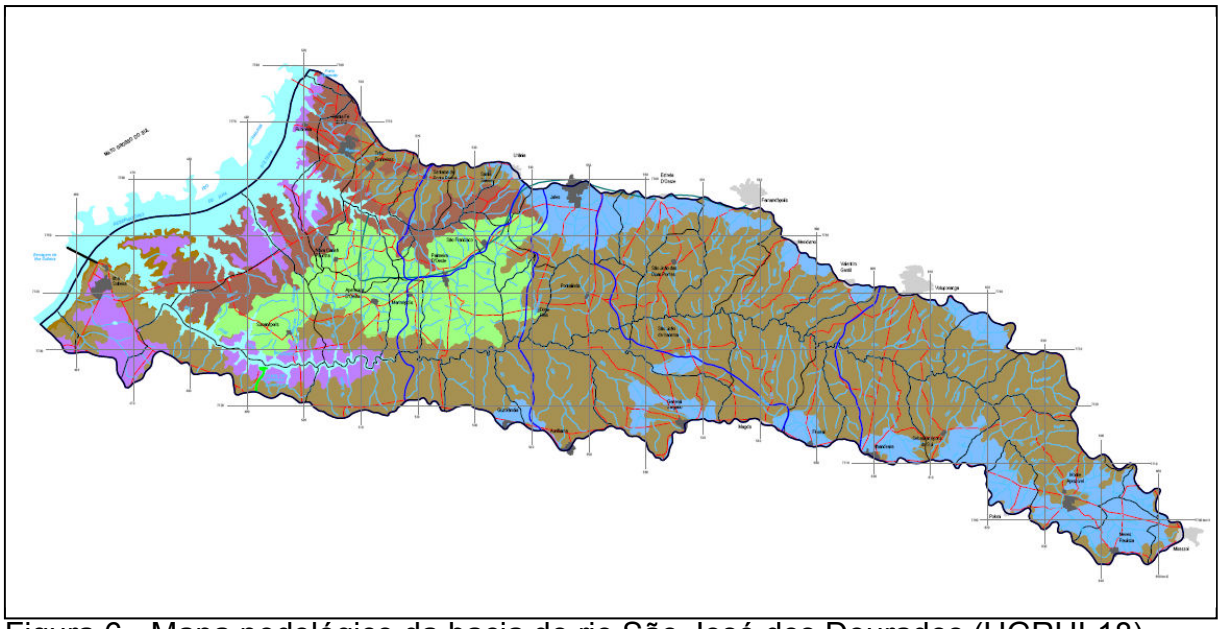


Figura 6 - Mapa pedológico da bacia do rio São José dos Dourados (UGRHI-18)
Fonte: Adaptado do CPTI (2008)

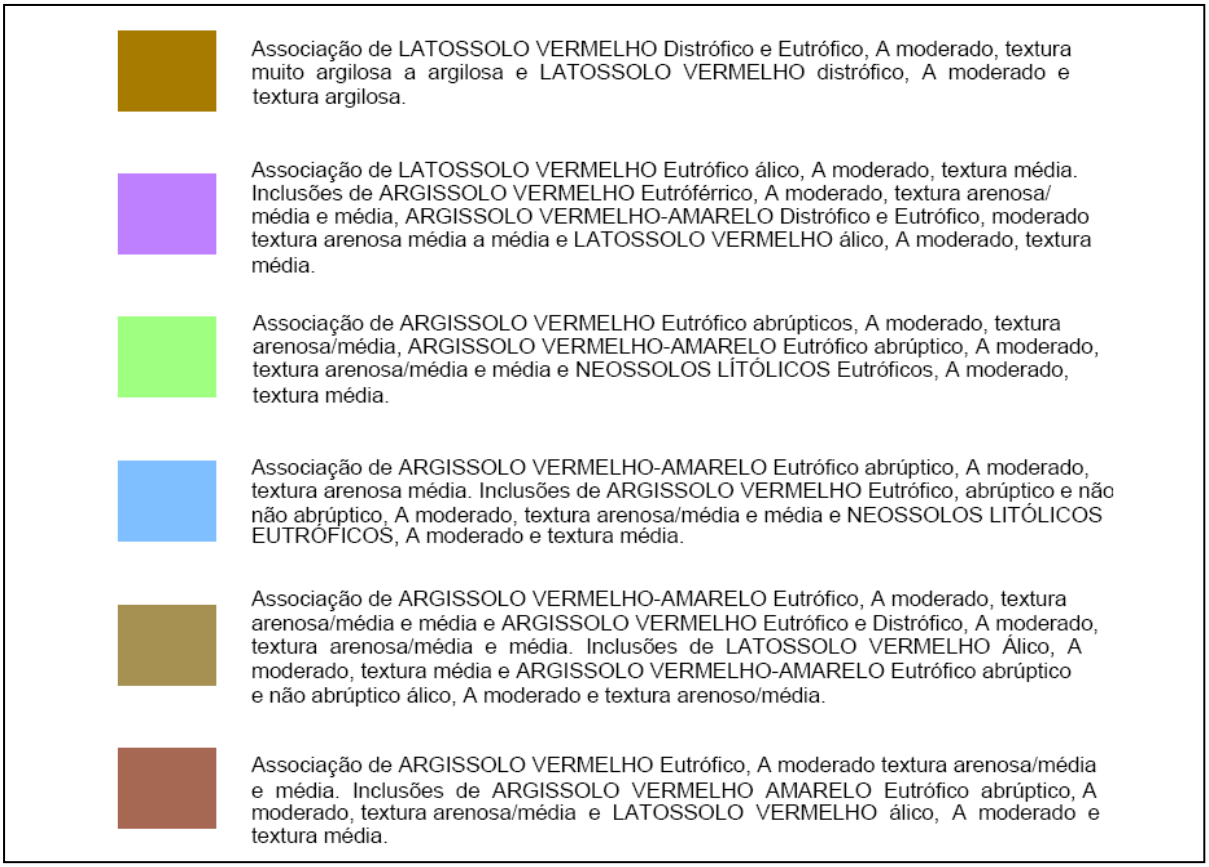


Figura 7 - Legenda - Mapa pedológico da bacia do SJD (UGRHI-18)
Fonte: CPTI (2008)

O tipo de solo predominante na bacia do rio São José dos Dourados é o Argissolo, anteriormente classificado de Solo Podzólico (EMBRAPA, 2006), que ocupa praticamente toda a área da bacia. Esses solos têm como característica principal a presença de um horizonte B textural (Bt). Esse horizonte (Bt) é caracterizado pelo significativo aumento da fração argila em relação aos horizontes suprajacentes (OLIVEIRA et al., 1992). Como conseqüência, os horizontes acima do Bt ficam com teores menores de argila e maiores de areia, o que os torna altamente friáveis e suscetíveis ao processo erosivo, isso confere à bacia do rio São José dos Dourados um potencial acentuado para perda de solo.

Os potenciais de criticidade à erosão do solo em porcentagem de área da BHSJD são altos para 50%, médios para 40% e baixos para 10% (SIGRH, 2000).

3.1.1.3.4 Clima

De acordo com Setzer (1966), com base na classificação proposta por Köeppen, existem na bacia dois tipos climáticos, representados na Figura 8 (IPT, 1999).

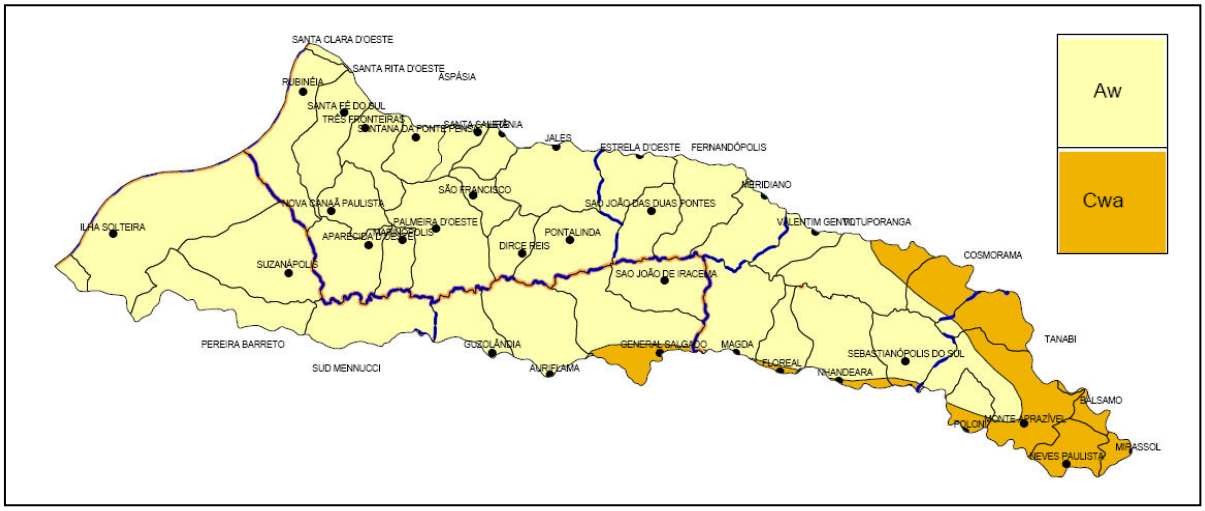


Figura 8 - Tipos climáticos na bacia do SJD, segundo Köeppen (SETZER, 1966)
Fonte: IPT (1999)

O clima Aw é tropical úmido com estiagem no inverno. O total de chuva no período seco é inferior a 30 mm; a temperatura média no mês mais quente é superior a 22ºC, e no mês mais frio superior a 18ºC.

O clima Cwa, quente e úmido, com inverno seco. Apresenta no mês mais seco totais de chuvas inferior a 30 mm; temperaturas médias superiores a 22ºC no mês mais quente, e temperaturas menores que 18ºC no mês mais frio.

A caracterização pluviométrica da área de estudo está vinculada às condições de instabilidade provocadas pela atuação das massas equatoriais e tropicais. A precipitação média anual ao longo da área de estudo varia entre 1.300 a 1.500 mm, com sazonalidade tipicamente tropical, apresentando volumes máximos no verão e mínimos no inverno. Essa distribuição é ocasionada pela atuação da Massa Tropical Continental e das ondas de oeste e noroeste, que impedem a entrada do ar polar, ocasionando a diminuição das chuvas, principalmente no inverno. O período mais chuvoso ocorre de outubro a março, com o trimestre mais chuvoso de dezembro a fevereiro; e o mais seco de abril a setembro, com o trimestre mais seco de junho a agosto (CPTI, 2008).

3.1.1.4 Caracterização da diversidade biológica

3.1.1.4.1 Biomas e tipos de vegetação

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2004), o Estado de São Paulo tem sua área ocupada em 68% pelo Bioma Mata Atlântica e 32% pelo Bioma Cerrado.

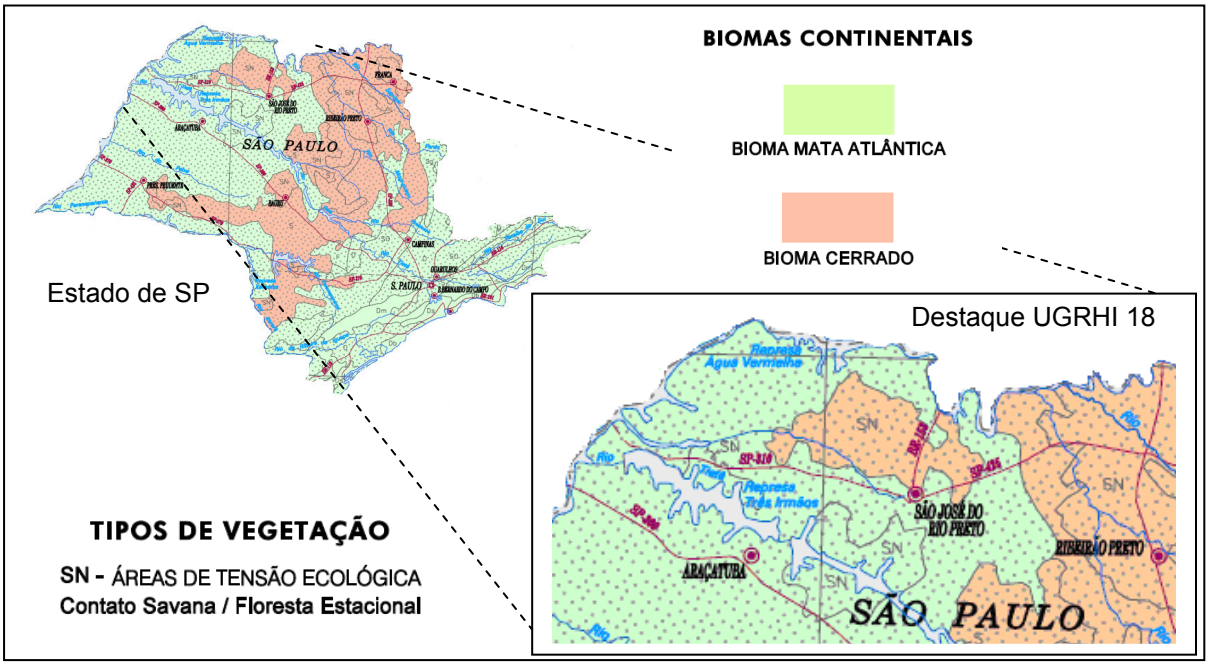


Figura 9 - Biomas e tipos de vegetação, com destaque para a bacia do SJD
Fonte: Adaptado do Mapa de Biomas do Brasil – IBGE, 2004

Como pode ser observado na Figura 9, a bacia do São José dos Dourados possui áreas de Bioma Mata Atlântica e Bioma Cerrado, sendo considerada área de tensão ecológica, com tipo de vegetação contato Savana – Floresta Estacional.

A Savana brasileira (Cerrado) inclui as várias formações campestres onde, com vegetação gramíneo–lenhosa baixa, alternam-se às vezes pequenas árvores isoladas, capões florestados e galerias florestais ao longo dos rios, mostrando, assim, uma grande variabilidade estrutural e, em consequência, grandes diferenças em porte e densidade, no que também influi a intensidade da ação antrópica.

O conceito ecológico da Floresta Estacional relaciona-se ao clima de duas estações, uma chuvosa e outra seca, com efeito ocorre a estacionalidade foliar dos elemento arbóreos dominantes, que estão adaptados a estação desfavorável.

3.1.1.4.2 Fauna

Segundo a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA), através do Sistema Ambiental Paulista, o Brasil é considerado o país com maior concentração de diversidade biológica e, contribuindo com essa riqueza, está o Estado de São Paulo com sua ampla e exuberante fauna, que é o conjunto de animais silvestres específicos de uma região.

Ainda segundo o Sistema Ambiental Paulista a fauna silvestre nacional sofre uma enorme pressão devido à caça e ao tráfico, que somente perde em números para o tráfico de drogas e de armas. Mas é principalmente a perda de habitats a ameaça mais preocupante. Gerada pelas queimadas e pela expansão humana e da agropecuária, a vertiginosa perda de áreas verdes acarreta em conseqüente dano, muitas vezes irreversível, às espécies da nossa fauna.

No tocante aos registros faunísticos, os dados para o Estado de São Paulo são escassos, frente aos restritos estudos existentes na literatura disponível, concentrados principalmente nos vertebrados (IPT, 1999).

De acordo com a publicação ‘Fauna Ameaçada de Extinção no Estado de São Paulo’, realizada pela Secretaria do Meio Ambiente em 2009, a atual lista de vertebrados ameaçados de extinção no Estado de São Paulo é formada por 436 espécies e subespécies, de um total de 2584 táxons reconhecidos para Estado, o que representa 17%. Sendo que, encontram-se em ameaça de extinção no Estado de São Paulo, 16% dos mamíferos, 22% das aves, 15% dos répteis, 5% dos anfíbios, 16% dos peixes de água doce e 15% dos peixes marinhos.

3.1.2 Sistema de processamento de informações georreferenciadas - SPRING

Foi utilizado na elaboração deste trabalho o SPRING (versão 5.2), que consiste em um software livre de Sistema de Informações Geográficas (SIG) desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) / Divisão de Processamento de Imagens (DPI) e que conta com funções de processamento de

imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a bancos de dados espaciais.

De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, o desenvolvimento do SPRING teve como principais objetivos:

• Construir um sistema de informações geográficas para aplicações em Agricultura, Floresta, Gestão Ambiental, Geografia, Geologia, Planejamento Urbano e Regional.

• Tornar amplamente acessível para a comunidade brasileira um SIG de rápido aprendizado. O INPE/DPI oferecem tutoriais e livros on-line e cursos presenciais.

• Fornecer um ambiente unificado de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto para aplicações urbanas e ambientais.

• Ser um mecanismo de difusão do conhecimento desenvolvido pelo INPE e seus parceiros, sob forma de novos algoritmos e metodologias.

As principais características, que podem ser atribuídas ao SPRING são:

• Integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno.

• Oferecer mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, além de ferramentas para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados geocodificados.

3.1.3 Imagens Landsat

3.1.3.1 Breve histórico da série Landsat

De acordo com a EMBRAPA – Monitoramento por satélite, a série LANDSAT (Land Remote Sensing Satellite) teve início na segunda metade da década de 60, a partir de um projeto desenvolvido pela Agência Espacial Americana e dedicado exclusivamente à observação dos recursos naturais terrestres. Essa missão foi denominada Earth Resources Technology Satellite (ERTS) e em 1975 passou a se denominar Landsat.

A missão, em sua maioria, foi gerenciada pela National Aeronautics and Space Administration (NASA) e pela U. S. Geological Survey (USGS) e envolveu o lançamento de oito satélites.

O primeiro satélite, e também o primeiro desenvolvido para atuar diretamente em pesquisas de recursos naturais, foi lançado em 1972 e denominado ERTS-1 ou Landsat-1. Posteriormente vieram o Landsat- 2 (lançado em 1975), o Landsat- 3 (lançado em 1978), o Landsat- 4 (lançado em 1982), o Landsat- 5 (lançado em 1984), o Landsat- 6 (lançado em 1993), o Landsat- 7 (lançado em 1999) e o Landsat- 8 (lançado em 11 de fevereiro de 2013), este último o único em operação atualmente.

3.1.3.2 Satélite Landsat- 5 sensor TM

Para a elaboração deste trabalho, foram utilizadas imagens do satélite Landsat - 5 sensor TM (Thematic Mapper).

O satélite Landsat- 5 foi lançado em 01 de março de 1984, operando a uma altitude de 705 km em órbita polar heliossíncrona, com período de revisita de 16 dias.

O sensor TM (Thematic Mapper), foi projetado para dar suporte às pesquisas nas mais diversas áreas temáticas, especializado em recursos naturais. Opera com 7 bandas nas regiões do visível, infravermelho próximo, médio e termal, com uma resolução espacial de 30 m (exceto para o infravermelho termal Banda 6, que é de 120 m), área imageada de 185 km e resolução radiométrica de 8 bits (EMBRAPA - Monitoramento por satélite).

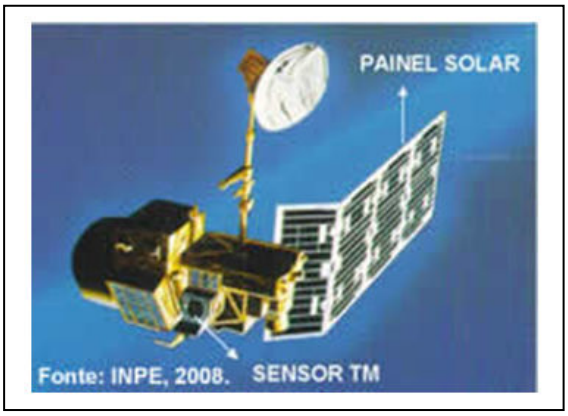


Figura 10 - Satélite Landsat - 5 TM
Fonte: EMBRAPA - Monitoramento por satélite

Rodrigues *et al.* (2007) avaliaram a aplicabilidade de um SIG e de imagem do satélite Landsat 5 - TM (Thematic Mapper) para determinação do uso e ocupação das terras, por meio de classificação digital supervisionada de Máxima Verossimilhança na bacia do baixo curso do São José dos Dourados. Concluíram que a interpretação de imagens de satélite, além de constituir método consagrado, possibilitou a obtenção de dados de grande precisão e fidelidade, atendendo às necessidades exigidas para trabalhos desta natureza, devido à rapidez com que os dados podem ser analisados e a amplitude do espaço físico alcançado.

O emprego de imagens de satélites, de média resolução espacial, como é o caso das imagens obtidas pelo sensor TM/Landsat-5, tem-se mostrado com grande potencial para mapear áreas agrícolas (MOREIRA *et al*.,2009).

3.1.3.3 Imagens utilizadas

A Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados é composta pelas imagens situadas na Órbita 221 e 222, Ponto 74 do satélite Landsat, adquiridas através de download pelo site do DGI/INPE (http://www.dgi.inpe.br/CDSR/).

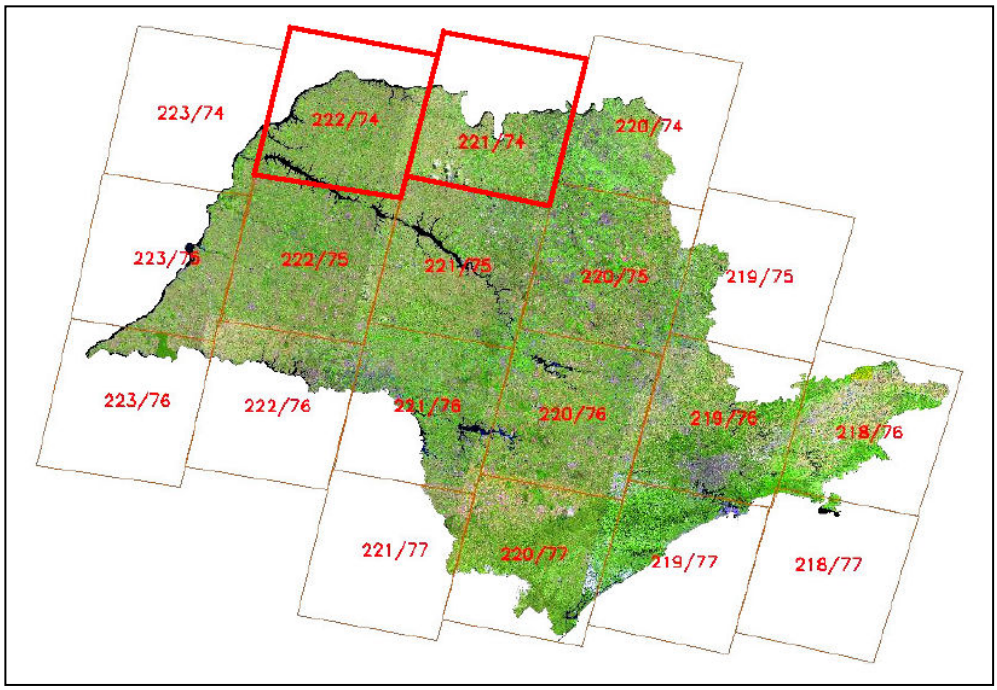


Figura 11 - Articulações das imagens TM/Landsat no Estado de São Paulo
Fonte: Moreira (2009)

Para o processo de classificação do uso e ocupação do solo dos anos de 1990, 2000 e 2010, foram selecionadas imagens do satélite Landsat 5 TM com baixa cobertura de nuvens e sem a presença de ruídos que comprometessem a classificação. A tabela abaixo demonstra as imagens adquiridas.

Tabela 5 - Imagens do satélite Landsat - 5 TM, adquiridas para a classificação do uso e ocupação do solo

Imagens Landsat- 5 TM adquiridas			
ANO	Órbita / Ponto		Bandas
	222 / 74	221 / 74	
1990	06 de agosto	25 de abril	1, 2, 3, 4, 5 e 7
2000	18 de setembro	11 de setembro	
2010	29 de agosto	06 de agosto	

Foram adquiridas também imagens do satélite Landsat 7 ETM que serviram de referência para o registro (georreferenciamento) das imagens Landsat 5 TM. As imagens Landsat 7 ETM adquiridas foram a L7-221/074-2006-04-13 e a L7-222/074-2005-05-03.

3.1.4 Modelo Digital de Elevação - MDE

O Modelo Digital de Elevação (MDE) da bacia hidrográfica do rio São José dos Dourados utilizado no trabalho, foi adquirido através de download pelo site da Embrapa Monitoramento por Satélite – Brasil em Relevo (http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/). As Cartas utilizadas foram a SF-22-X-A e a SF-22-V-B.

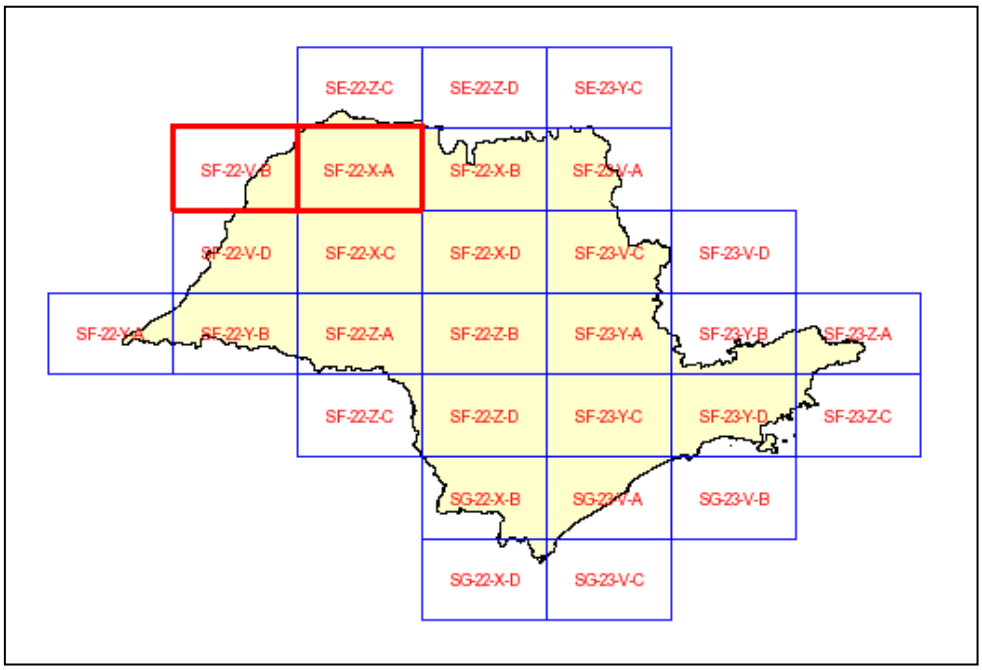


Figura 12 - Articulações das Cartas de Modelo Digital de Elevação (MDE)
Fonte: Embrapa Monitoramento por Satélite – Brasil em Relevo

De acordo com a Embrapa Monitoramento por Satélite estes produtos foram gerados a partir de dados de radar, obtidos de sensores a bordo do ônibus espacial Endeavour, no projeto SRTM (em inglês, Shuttle Radar Topography Mission), uma parceria das agências espaciais dos Estados Unidos (NASA e NIMA), Alemanha (DLR) e Itália (ASI).

Os pesquisadores da Embrapa Monitoramento por Satélite baixaram os dados brutos do SRTM do site da NASA e fizeram um cuidadoso trabalho de correção e padronização, eliminando falhas, sombras e distorções. Para cada área de 90 metros por 90 metros do território nacional, dispõe-se de uma medida altimétrica precisa.

Esta tecnologia apresenta diversos exemplos de aplicações para o desenvolvimento sustentável da agricultura e do país. Dentre eles destacam-se:

programas de manejo de bacias hidrográficas, eletrificação rural, conservação de solos, preservação de recursos florestais, cumprimento do código florestal, gestão dos recursos hídricos, planejamento territorial, implantação de estradas rurais, melhoria da cartografia topográfica disponível, zoneamento ecológico - econômico, monitoramento ambiental etc.

Grohmann *et al*. (2007) realizaram uma avaliação do uso dos modelos SRTM em geomorfologia e morfotectônica, na área do Maciço Alcalino de Poços de Caldas (MG). Dentre os parâmetros considerados, avaliou-se declividade e orientação de vertentes. Relatam que dentre os produtos derivados do modelo de elevação, destaca-se a derivação direta da rede de drenagem, com resultado bastante satisfatório.

3.2 Métodos

3.2.1 Registro das imagens

O registro de uma imagem compreende uma transformação geométrica que relacionam coordenadas de imagem (linhas e colunas) com coordenadas de um sistema de referência. O processo de registro é fundamental em vários problemas práticos na área de sensoriamento remoto tais como: integração de uma imagem à base de dados existente num SIG; fusão de imagens adquiridas por sensores diferentes e na análise de dados multitemporais (DPI/INPE, 2011 – CD-ROM).

3.2.2 Elaboração da rede de drenagem

Para a delimitação das áreas de preservação permanente marginais, primeiro se fez necessário a elaboração da rede de drenagem de toda a bacia do rio São José dos Dourados.

O ponto de partida para a delimitação das APPs, por meio de ferramenta de geoprocessamento, se dá por meio do modelo digital de elevação hidrologicamente consistente (MDEHC), em que é apresentado a hidrografia do terreno, as curvas de nível e a drenagem de escoamento (HUTCHINSON, 1989).

Primeiro foi gerado, através de procedimentos disponíveis no SPRING (com o uso do MDE - SRTM), a rede de drenagem automática (vetor da hidrografia).

Posteriormente esta foi sobreposta às imagens da bacia, servindo de base para o traçado manual, através de edição vetorial com o uso do mouse, da rede de drenagem definitiva (vetor da hidrografia definitiva).

Para delimitar e traçar o trecho em que o curso do rio São José dos Dourados tem sua largura influenciada pelo reservatório de Ilha Solteira (trecho considerado como reservatório artificial) foi utilizado sobreposição de todas as imagens, e posterior traçado dos limites do espelho d'água.

A rede de drenagem e o espelho d'água traçados manualmente representam de fato os cursos d'água e o reservatório da bacia (rede hidrográfica consistente), condições necessárias para a delimitação das APPs marginais (ANEXOS).

3.2.3 Delimitação das áreas de preservação permanente marginais

Como o objetivo do trabalho é analisar a evolução da relação do uso e ocupação do solo com a situação das Áreas de Preservação Permanente, utilizando imagens de 1990, 2000 e 2010 (aspecto multitemporal), se fez necessário a delimitação de um único *buffer* legislativo das APPs. Este *buffer* foi delimitado pautado no histórico legislativo, onde se procurou definir o mínimo de APPs marginais que a bacia deve possuir atualmente.

3.2.3.1 Delimitação das áreas de preservação permanente ao longo dos cursos d'água

Para a delimitação das áreas de preservação permanente marginais dos cursos d'água é necessário primeiro a determinação da largura destes cursos. Como as imagens Landsat 5-TM possuem resolução espacial de 30 m, optou-se por utilizar, nesta etapa, o Google Earth (*software* livre via internet) que possui imagens de alta resolução e ferramentas para a mensuração das distâncias.

Observou-se que todos os cursos tributários do rio São José dos Dourados possuem largura, em sua foz, menor que dez metros (10 m).

No curso principal da bacia, rio São José dos Dourados, foi observado três diferentes situações com relação à largura, definidas na legislação. Primeira situação, trechos com largura até 10 m; segunda situação, trechos com largura

superior a 10 m e inferior a 50m; e terceira situação, trechos com a largura influenciada pelo reservatório de Ilha Solteira (trecho considerado como reservatório artificial).

O limite, no curso principal da bacia do SJD, entre a primeira e a segunda situação identificada tem coordenadas planas UTM N=7.724.588,00 m e E=608.405,00 m e o limite entre a segunda e a terceira situação tem coordenadas N=7.727.329,00 m e E=524.699,00 m (Datum WGS-84 / Fuso 22k). Estes limites também foram utilizados para a delimitação das bacias do alto, médio e baixo curso do SJD.

Para os trechos em que o curso d'água possui menos de 10 m de largura, foi atribuído (através da ferramenta de 'cálculo de distância' do SPRING) faixa marginal como área de preservação permanente de 30 m para cada lado. Para os trechos em que o curso d'água possui largura superior a 10 m e inferior a 50m, foi atribuído faixa marginal como área de preservação permanente de 50 m para cada lado. As APPs foram delimitadas a partir do vetor da hidrografia definitiva, em projeção horizontal.

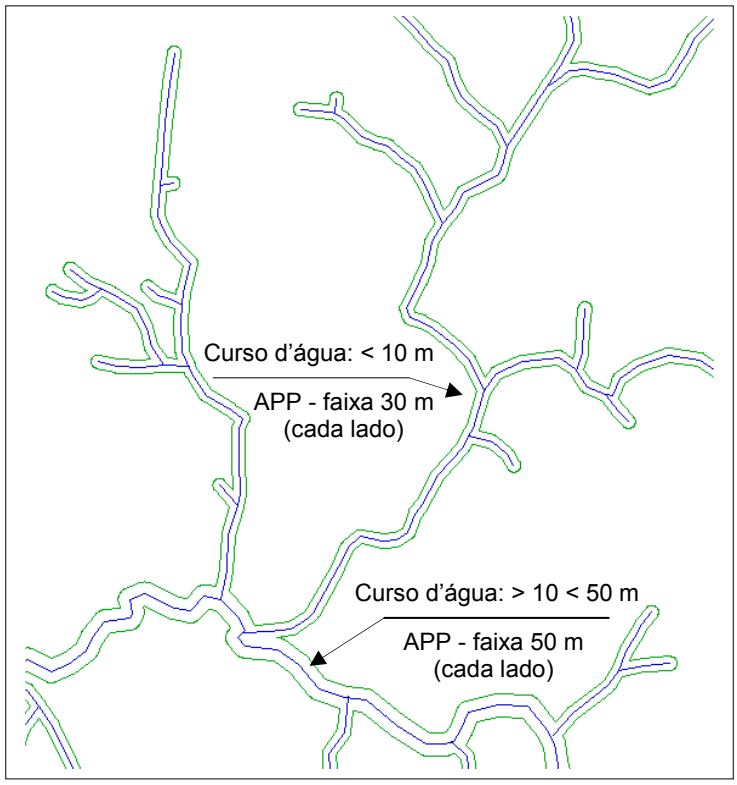


Figura 13 - Delimitação das APPs marginais ao longo dos cursos d'água

3.2.3.2 Delimitação das áreas de preservação permanente no entorno de reservatórios artificiais

No trecho em que o curso do rio São José dos Dourados tem sua largura influenciada pelo reservatório de Ilha Solteira (trecho considerado como reservatório artificial), foi atribuído faixa marginal como área de preservação permanente de 100 m a partir dos limites do espelho d'água encontrado.

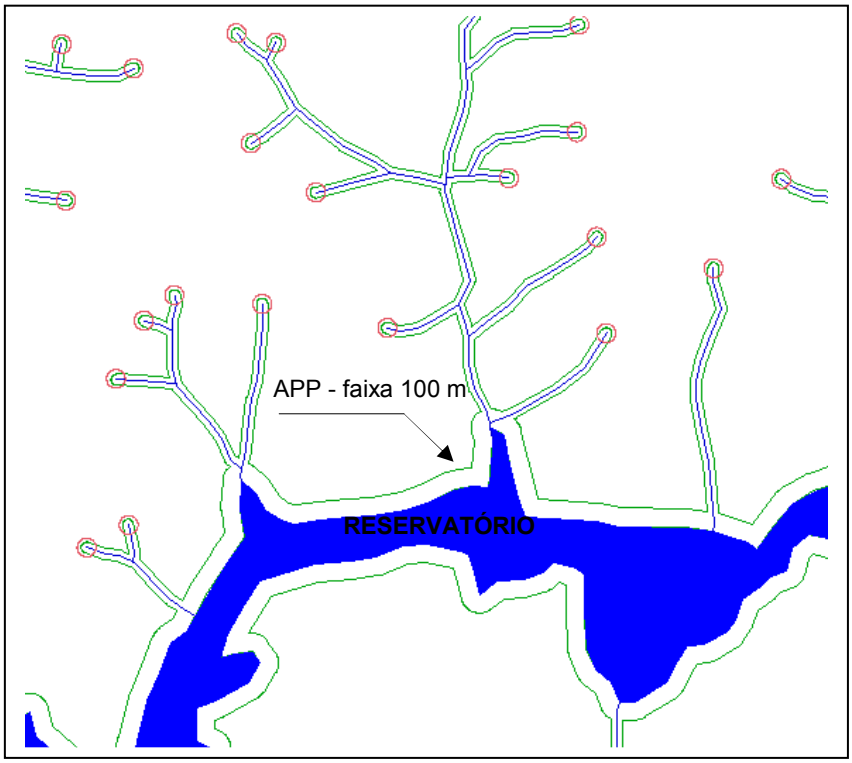


Figura 14 - Delimitação das APPs marginais ao longo do reservatório artificial

Os reservatórios artificiais de pequeno porte (açudes) não tiveram suas APPs demarcadas, devido as dimensões da bacia e ao aspecto multitemporal do estudo, e sua influência na construção e desativação de açudes de pequeno porte ao longo dos 20 anos.

3.2.3.3 Delimitação das áreas de preservação permanente no entorno de nascentes

Cada início do vetor da hidrografia (rede de drenagem definitiva) foi considerado nascente, no total foram demarcadas três mil oitocentas e doze (3.812) nascentes na bacia do rio São José dos Dourados.

As APPs consideradas nas nascentes foram delimitadas por um raio de 50 m (cinqüenta metros) de largura, em projeção horizontal.

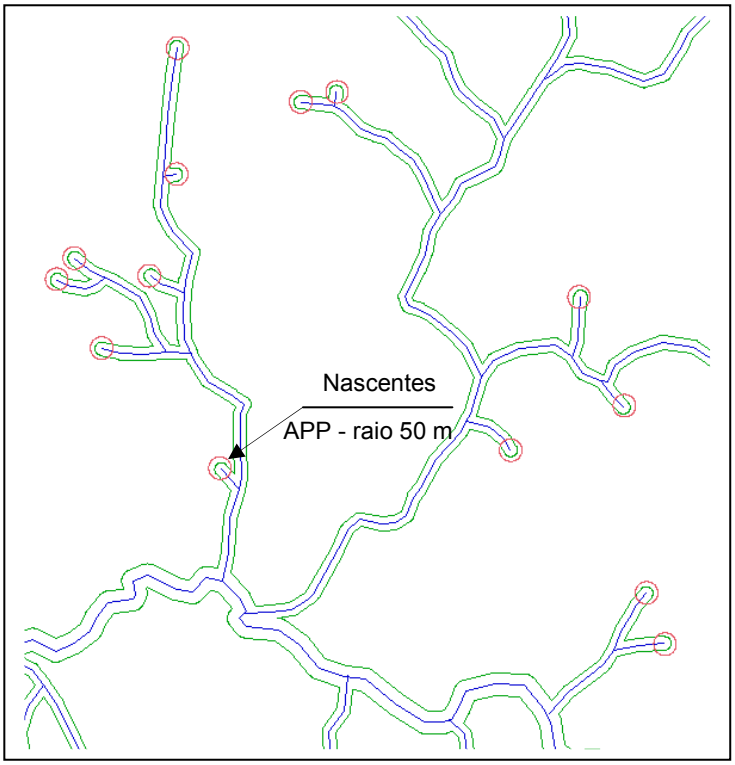


Figura 15 - Delimitação das APPs marginais no entorno de nascentes

3.2.4 Delimitação da bacia hidrográfica do rio São José dos Dourados

O traçado dos limites da bacia foi elaborado de forma manual, através de edição vetorial com o uso do mouse. Para tal foi utilizado como referência a sobreposição das imagens com as curvas de nível (geradas no processo de elaboração da rede de drenagem automática) e a rede de drenagem definitiva, por onde se buscou encontrar o divisor de águas entre a bacia hidrográfica do rio São José dos Dourados e suas bacias vizinhas.

Para a delimitação das bacias do alto, médio e baixo curso do SJD, foram utilizados como referência os três diferentes trechos do curso, identificados anteriormente (no processo de delimitação das APPs ao longo dos cursos d'água). O limite, no curso principal, entre a bacia do alto e médio curso do SJD é o ponto

identificado como sendo o limite entre o trecho com largura (do curso principal) até 10 m e o trecho com largura superior a 10 m e inferior a 50 m. O limite, no curso principal, entre a bacia do médio e baixo curso do SJD é o ponto identificado como sendo o limite entre o trecho com largura superior a 10 m e inferior a 50 m e o trecho em que o curso principal passa a sofrer influencia do reservatório de Ilha Solteira (trecho considerado como reservatório artificial).

3.2.5 Classificação das imagens

Classificação é o processo de extração de informação em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos. O resultado final de um processo de classificação é uma imagem onde cada pixel contém a informação de uma classe, ou tema, associada ao ponto da cena correspondente.

As técnicas de classificação (ou classificadores) podem ser divididos em classificadores por pixel ou regiões e podem levar em conta uma ou mais bandas da imagem (no caso de imagens multiespectrais). Os classificadores por pixel utilizam a informação espectral de cada pixel isolado para achar regiões homogêneas, enquanto que os classificadores por regiões baseiam-se em um conjunto de pixels vizinhos (região). Os classificadores podem também ser divididos em supervisionados e não supervisionados. Na classificação supervisionada o usuário, numa etapa chamada treinamento, para cada classe que se deseja diferenciar na imagem aponta-se um conjunto de amostras dessa classe. Essas amostras serão usadas para determinar os parâmetros estatísticos usados no processo decisão sobre a que classe um pixel pertence. Todos os pixels serão classificados entre uma das classes definidas no treinamento. Na classificação não supervisionada o usuário não fornece esse tipo de informação a priori, e o sistema determinará, usando um algoritmo de “clustering” ou agrupamento, para identificar tais classes (DPI/INPE, 2011 – CD-ROM).

3.2.5.1 Definição das classes de uso e ocupação do solo

Através de uma análise preliminar das imagens e do objetivo que se deseja alcançar, foram estabelecidas as seguintes classes de uso e ocupação utilizadas na classificação:

1- *Vegetações nativas*: formações vegetais naturais ou plantadas (com finalidade ambiental), constituídas por alta diversidade de espécies nativas, independente da fase de sucessão ecológica (ex.: remanescentes e fragmentos de vegetação nativa);
2- *Culturas florestais*: formações florestais plantadas, constituídas por uma única espécie com finalidade comercial (ex.: eucalipto, seringueira, pinos);
3- *Cana-de-açúcar*: área com a presença do cultivo exclusivo da cana-de-açúcar;
4- *Pastagem / gramíneas*: tipologia representada por áreas cultivadas ou mantidas com espécies de gramíneas forrageiras (ex.: pecuária extensiva, pasto sujo);
5- *Solo exposto*: solo nu, caracterizado pela falta de cobertura vegetal natural ou cultivada;
6- *Culturas anuais*: que são renovadas a cada ano (ex.: milho, feijão);
7- *Culturas perenes*: que não são renovadas em curto prazo, com ciclo superior a três anos (ex.: laranja, café);
8- *Corpos d'água*: categoria representada por espelhos d'água de qualquer natureza;
9- *Áreas urbanas*: unidades com concentrações de edificações (ex.: vilas e cidades).

3.2.5.2 Amostras de treinamento para classificação supervisionada

As amostras de treinamento foram adquiridas através de digitalização de polígonos em tela, sobre as áreas que representam as classes de uso e ocupação anteriormente determinadas. A composição utilizada no processo de classificação foi a 453 (RGB).

O fato de a bacia ser formada por duas imagens Landsat (Orbitas 221 e 222 – Ponto 74) ocasionou, entre as mesmas classes de uso e ocupação, variações distintas no comportamento espectral para as imagens da orbita 221 em comparação as imagens da orbita 222 do mesmo ano, não sendo possível realizar o mosaico das imagens antes da classificação. Por isso, estas tiveram suas amostras de treinamento obtidas individualmente, e por consequência, a classificação também foi realizada de forma separada.

Devido ao elevado grau de confusão, que normalmente ocorre durante o processo de classificação supervisionada, entre as classes 'Áreas urbanas' e 'Solo

exposto', optou-se por não classificar a classe 'Áreas urbanas' nesta etapa, e sim posteriormente, através de edição matricial.

3.2.5.3 Aplicação da classificação supervisionada

Foi realizado, para cada imagem da orbita 221 e da orbita 222 de cada ano estudado, a classificação por pixel supervisionada, empregando o algoritmo de máxima verossimilhança (MaxVer), que utiliza parâmetros estatísticos inferidos das amostras de treinamento como critério de decisão sobre que tema um pixel irá pertencer.

Usando as amostras de treinamento para cada classe e assumindo-se distribuições de probabilidade normal para as classes, uma função distribuição de probabilidade para cada classe é estimada. Essa função descreve a probabilidade de se encontrar um pixel de uma determinada classe em uma determinada posição. A partir daí uma regra de decisão é determinada e cada pixel avaliado. Um pixel pertencerá à classe com maior função distribuição de probabilidade. A precisão da classificação por máxima verossimilhança depende do conjunto de treinamento, que deve conter um grande número de pixels nas amostras de cada classe. Essas devem ser ainda o mais uniformes possível (DPI/INPE, 2011 – CD-ROM).

3.2.5.4 Tratamento pós-classificação

Após o processo de classificação, principalmente por pixel, é comum que a imagem apresente certa quantidade de pixels mal classificados (ruídos) no interior e nas adjacências das classes. Por isto, é necessário um tratamento pós-classificação, para que seja feita a absorção destes pixels mal classificados e para posterior obtenção de uma imagem com melhor aspecto visual e resultados mais precisos.

3.2.5.4.1 Filtragem das imagens classificadas

As técnicas chamadas de filtragem são operações usadas para realçar e modificar detalhes geométricos presentes na imagem. São transformações onde o novo valor de intensidade de um pixel depende não apenas de seu valor isolado na

imagem original, mas também dos valores dos pixels em sua vizinhança. Essa vizinhança é definida por uma janela de tamanho ímpar $n \times n$.

Geralmente as operações de filtragem podem ser expressas através do uso de máscaras. Uma máscara (uma matriz de pesos) é sobreposta a imagem e transladada, linha a linha, coluna a coluna. Em cada posição da máscara, o produto de seus pesos pelos valores de intensidade dos pixels correspondentes cobertos pela máscara é somado. Esse valor é então atribuído ao pixel correspondente à posição central da máscara. Ao final desse procedimento para todos os pixels da imagem, uma nova imagem com algum detalhe geométrico realçado é obtida. O efeito obtido depende dos valores dos pesos da máscara (DPI/INPE, 2011 – CD-ROM).

No SPRING é necessário fornecer, nesta etapa, valores para o 'Peso', que se refere ao número de vezes que será considerada a freqüência do ponto central, e para o 'Limiar' que é o valor de freqüência acima do qual o ponto central é modificado, ambos variam de 1 a 7 (INPE - Tutorial SPRING). Foram utilizados, no processo de pós-classificação de todas as imagens, valor 2 para 'Peso' e valor 5 para 'Limiar'(valores estabelecidos automaticamente pelo SPRING).

Concluindo o processo de filtragem das imagens classificadas, estas foram utilizadas para criar os respectivos mapas temáticos. Neste momento foi realizado também, o mosaico entre as órbitas 221 e 222 de cada ano avaliado, resultando em um único mapa temático para cada ano (1990, 2000 e 2010). Foi utilizada, no momento do mosaico, toda a imagem da órbita 222 (área maior da bacia), descartando a sobreposição da órbita 221.

3.2.5.4.2 Edição matricial dos mapas temáticos

Através da edição matricial foram introduzidos, nos mapas temáticos dos anos estudados, a classe 'Áreas urbanas'. Foram identificados 23 municípios com área urbana total o parcial, no interior da bacia do rio São José dos Dourados.

Toda a bacia do SJD foi revisada (microbacia por microbacia) e quando necessário, foram feitas correções na classificação das diferentes classes, principalmente nas bordas. A classe 'Vegetações nativas', por ser muitas vezes estreita nas APPs, foi minuciosamente revisada (ANEXOS).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Dimensões da bacia hidrográfica e das APPs marginais do São José dos Dourados

As dimensões da bacia hidrográfica do rio São José dos Dourados e de suas áreas de preservação permanente marginais e suas respectivas porcentagens são apresentadas na tabela abaixo, juntamente com as subdivisões geradas na bacia (Tabela 6).

Tabela 6 - Dimensões da bacia hidrográfica e das APPs marginais do SJD.

	ÁREA				
	BACIA		**APPs marginais - Legislação**		
LOCAL	**Km²**	**%**	**Km²**	**%**	**% da Bacia**
Bacia do alto curso do SJD	996,00	19,30	88,37	18,29	8,87
Bacia do médio curso do SJD	3019,48	58,50	289,16	59,84	9,58
Bacia do baixo curso do SJD	1146,46	22,21	105,69	21,87	9,22
Bacia Hidrográfica do SJD	5161,94	100,00	483,22	100,00	9,36

A bacia hidrográfica do rio SJD possui área total de 5.161,94 km², sendo que 483,22 km² (9,36 %) são APPs marginais.

O alto curso da bacia possui área de 996,00 km² (19,30% do total da bacia), sendo que 88,37 km² (8,87%) são APPs marginais.

O médio curso da bacia possui área de 3.019,48 km² (58,50% do total da bacia), sendo que 289,16 km² (9,58%) são APPs marginais.

O baixo curso da bacia possui área de 1.146,46 km² (22,21% do total da bacia), sendo que 105,69 km² (9,22%) são APPs marginais.

4.2 Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do São José dos Dourados nos anos de 1990, 2000 e 2010

4.2.1 Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do SJD

Os resultados finais obtidos através da classificação realizada nas imagens do satélite Landsat de 1990, 2000 e 2010, na bacia hidrográfica do rio São José dos Dourados são os apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do SJD, nos anos de 1990, 2000 e 2010.

Bacia hidrográfica do SJD						
CLASSES DE USO	**1990**		**2000**		**2010**	
	Km²	**%**	**Km²**	**%**	**Km²**	**%**
Vegetações nativas	487,02	9,43	557,70	10,80	668,23	12,95
Culturas florestais	24,72	0,48	48,46	0,94	122,36	2,37
Cana-de-açúcar	142,36	2,76	179,08	3,47	504,66	9,78
Pastagem / Gramíneas	3119,55	60,43	3219,34	62,37	2080,06	40,30
Solo exposto	951,67	18,44	833,83	16,15	1467,13	28,42
Culturas anuais	14,99	0,29	3,14	0,06	11,87	0,23
Culturas perenes	310,38	6,01	211,23	4,09	192,95	3,74
Corpos d'água	93,33	1,81	86,97	1,68	89,38	1,73
Áreas urbanas	17,92	0,35	22,19	0,43	25,30	0,49
TOTAL	5161,94	100,00	5161,94	100,00	5161,94	100,00

A Figura 16 ilustra estes resultados, demonstrando a dinâmica do uso e ocupação do solo na bacia, ocorrida no período estudado.

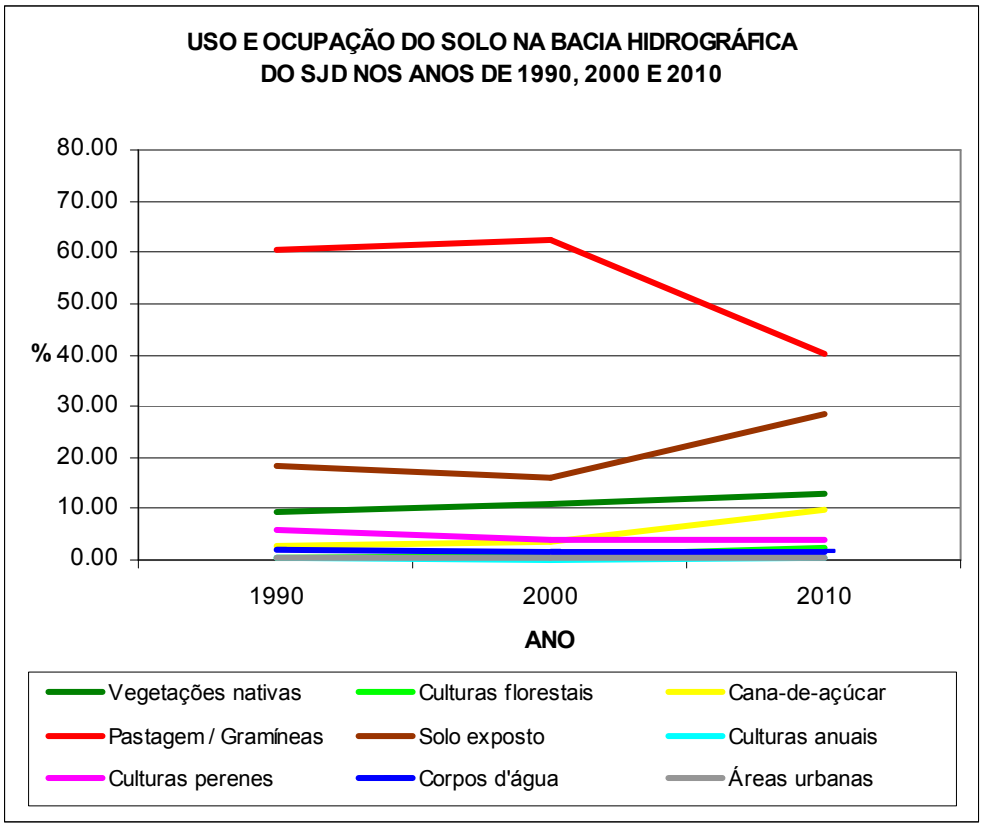


Figura 16 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do SJD, nos anos de 1990, 2000 e 2010

Considerando as dimensões totais da bacia, as classes ‘Culturas anuais’, ‘Corpos d’água’ e ‘Áreas urbanas’, não apresentam variações de área relevantes na dinâmica do uso e ocupação do solo no período estudado.

No período estudado observa-se um aumento da classe ‘Vegetações nativas’, que ocupava 9,43% da área total da bacia em 1990, passando para 10,80 % em 2000 e 12,95% em 2010.

As classes que apresentaram os maiores aumentos durante o período estudado foram ‘Solo exposto’ e ‘Cana-de-açúcar’, classes essas que apresentam relação, pois grande parte da classe ‘Solo exposto’ é de uso da ‘Cana-de-açúcar’. A classe ‘Solo exposto’ ocupava 18,44% da área total da bacia em 1990, passando para 16,15% em 2000 e 28,42% em 2010 e a classe ‘Cana-de-açúcar’ ocupava 2,76 % da área total da bacia em 1990, passando para 3,47% em 2000 e 9,78% em 2010.

As classes ‘Culturas florestais’ e ‘Culturas perenes’ apresentaram resultados menos expressivos (quando comparados as classes ‘Solo exposto’ e ‘Cana-de-açúcar’), a classe ‘Culturas florestais’ ocupava 0,48% da área total da bacia em 1990, passando para 0,94% em 2000 e 2,37% em 2010, já a classe ‘Culturas perenes’ ocupava 6,01% da área total da bacia em 1990, passando para 4,09% em 2000 e 3,74% em 2010. No período estudado, a classe ‘Culturas florestais’ apresentou aumento de área e a classe ‘Culturas perenes’ apresentou diminuição de área.

A classe ‘Pastagem/Gramíneas’ apresentou grande queda percentual durante o período estudado, ocupava 60,43% da área total da bacia em 1990, passando para 40,30% em 2010. No ano de 2000 a ‘Pastagem/Gramíneas’ representou 62,37% da área total da bacia, área esta maior em comparação ao período anterior, isso provavelmente não se deve ao aumento da pecuária na bacia durante o período, e sim pelo fato de que em 1990 parte das áreas de ‘Pastagem/Gramínea’ foram classificadas com ‘Solo exposto’, devido ao alto grau de degradação das áreas de pastagens que ocorrem na bacia.

4.2.2 Uso e ocupação do solo nas APPs marginais da bacia hidrográfica do SJD

Os resultados finais obtidos através da classificação realizada nas imagens do satélite Landsat de 1990, 2000 e 2010, nas áreas de preservação permanente marginais da bacia hidrográfica do rio São José dos Dourados são os apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Uso e ocupação do solo nas APPs marginais da bacia hidrográfica do SJD, nos anos de 1990, 2000 e 2010

APPs marginais da bacia hidrográfica do SJD						
CLASSES DE USO	**1990**		**2000**		**2010**	
	Km²	**%**	**Km²**	**%**	**Km²**	**%**
Vegetações nativas	133,36	27,60	160,92	33,30	230,08	47,61
Culturas florestais	1,63	0,34	0,63	0,13	2,59	0,54
Cana-de-açúcar	12,10	2,50	28,75	5,95	23,79	4,92
Pastagem / Gramíneas	266,68	55,19	245,95	50,90	177,00	36,63
Solo exposto	41,26	8,54	29,74	6,15	32,94	6,82
Culturas anuais	0,43	0,09	0,10	0,02	0,75	0,16
Culturas perenes	27,02	5,59	15,76	3,26	15,03	3,11
Corpos d'água	0,59	0,12	1,15	0,24	0,81	0,17
Áreas urbanas	0,15	0,03	0,22	0,05	0,23	0,05
TOTAL	483,22	100,00	483,22	100,00	483,22	100,00

A Figura 17 ilustra estes resultados, demonstrando a dinâmica do uso e ocupação do solo nas APPs marginais da bacia hidrográfica do SJD, ocorrida no período estudado.

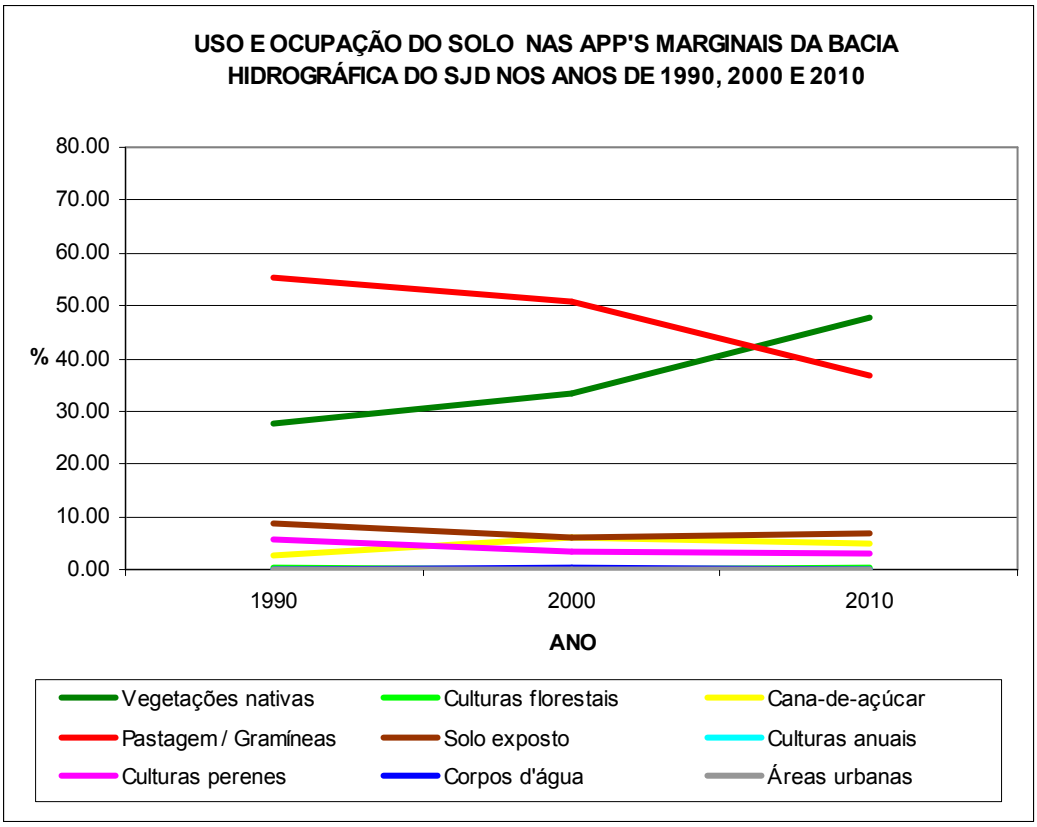


Figura 17 - Uso e ocupação do solo nas APPs marginais da bacia hidrográfica do SJD, nos anos de 1990, 2000 e 2010

Considerando as dimensões totais das APPs marginais da bacia hidrográfica do SJD, as classes ‘Culturas florestais‘, ‘Culturas anuais’, ‘Corpos d’água’ e ‘Áreas urbanas’, não apresentam variações de área relevantes na dinâmica da relação do uso e ocupação do solo com a situação das APPs no período estudado.

A classe ‘Vegetações nativas’ apresentou aumento relevante de sua área, que ocupava 27,60% das APPs marginais em 1990, passando para 33,30% em 2000 e 47,61% em 2010.

No período, as classes ‘Solo exposto’ e ‘Cana-de-açúcar’ apresentaram, no interior das APPs marginais, uma relação de variação do uso e ocupação semelhantes, no entanto inversas. Enquanto que a classe ‘Solo exposto’ ocupava 8,54% das APPs marginais em 1990, 6,15 % em 2000 e 6,82% em 2010, a classe ‘Cana-de-açúcar’ ocupava 2,50% das APPs marginais em 1990, passando para 5,95% em 2000 e 4,92% em 2010. É possível notar que, somando os valores ocupados pelas classes ‘Solo exposto’ e ‘Cana-de-açúcar’ dentro do mesmo ano e

comparando entre os anos estudados, nota-se que não ocorreram grandes variações no período.

A classe ‘Culturas perenes’ apresentou, no interior das APP’s, a mesma tendência de diminuição ocorrida na área total da bacia. Ocupava 5,59 % das APPs marginais em 1990, passando para 3,26% em 2000 e 3,11% em 2010.

No interior das APPs a classe ‘Pastagem/Gramíneas’ foi a que mais cedeu área para a ocupação da classe ‘Vegetações nativas’. A classe ‘Pastagem/Gramíneas’ ocupava 55,19% das APPs marginais em 1990, passando para 50,90% em 2000 e 36,63% em 2010.

4.3 Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do alto curso do São José dos Dourados nos anos de 1990, 2000 e 2010

4.3.1 Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do alto curso do SJD

Os resultados finais obtidos do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do alto curso do SJD são os apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do alto curso do SJD, nos anos de 1990, 2000 e 2010

Bacia hidrográfica do alto curso do SJD						
CLASSES DE USO	**1990**		**2000**		**2010**	
	Km²	**%**	**Km²**	**%**	**Km²**	**%**
Vegetações nativas	105,80	10,62	128,25	12,88	156,20	15,68
Culturas florestais	6,33	0,64	21,12	2,12	45,84	4,60
Cana-de-açúcar	46,39	4,66	35,98	3,61	129,79	13,03
Pastagem / Gramíneas	556,37	55,86	602,02	60,44	300,68	30,19
Solo exposto	209,93	21,08	158,06	15,87	328,67	33,00
Culturas anuais	2,30	0,23	0,32	0,03	2,20	0,22
Culturas perenes	62,65	6,29	42,28	4,24	25,13	2,52
Corpos d'água	0,53	0,05	1,09	0,11	0,39	0,04
Áreas urbanas	5,70	0,57	6,88	0,69	7,10	0,71
TOTAL	996,00	100,00	996,00	100,00	996,00	100,00

A Figura 18 ilustra estes resultados, demonstrando a dinâmica do uso e ocupação do solo na bacia do alto curso do SJD, ocorrida no período estudado.

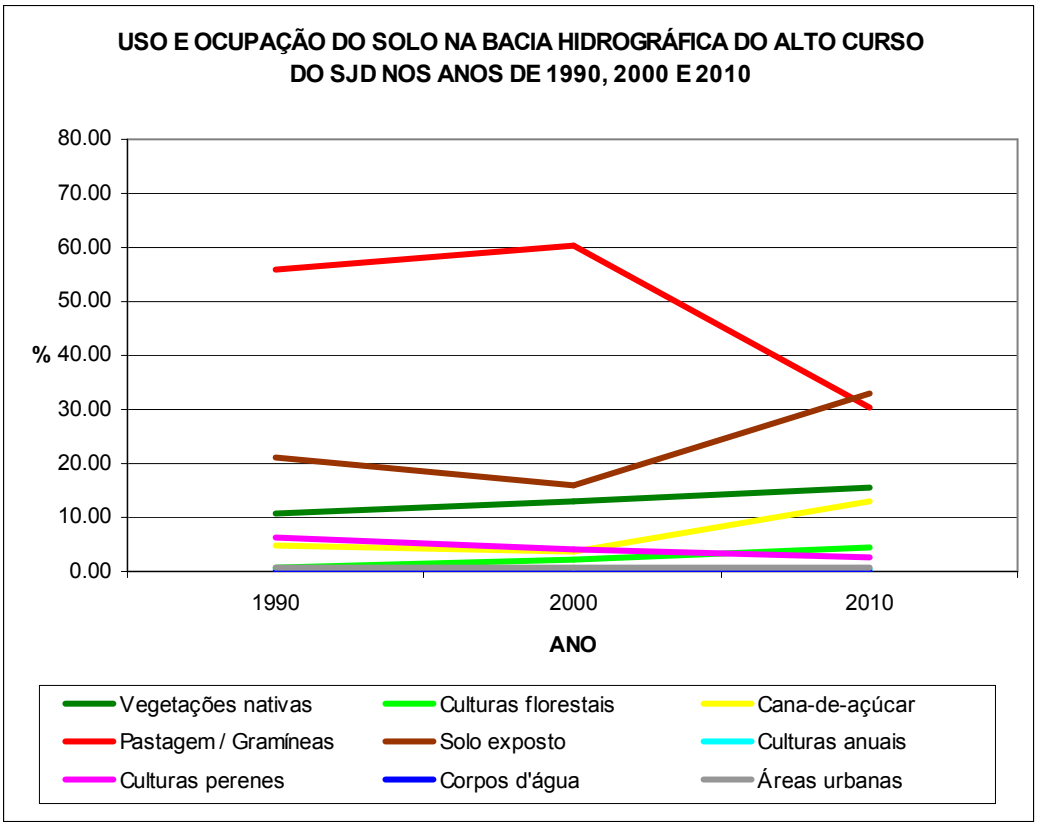


Figura 18 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do alto curso do SJD, nos anos de 1990, 2000 e 2010

Considerando as dimensões totais da bacia do alto curso do SJD, as classes ‘Culturas anuais’, ‘Corpos d’água’ e ‘Áreas urbanas’, não apresentam variações de área relevantes na dinâmica do uso e ocupação do solo no período estudado.

Assim como ocorreu na área total da bacia do SJD, no alto curso da bacia também ocorreu, no período estudado, um aumento da classe ‘Vegetações nativas’, que possuía 10,62% em 1990, passando para 12,88% em 2000 e 15,68% em 2010. As porcentagens da classe ‘Vegetações nativas’ no alto curso são maiores se comparadas com as da área total da bacia, para todos os anos estudados.

As classes ‘Solo exposto’ e ‘Cana-de-açúcar’ apresentaram, na bacia do alto curso do SJD, os maiores aumentos de área entre as classes estudadas, situação semelhante a que ocorreu na área total da bacia. A classe ‘Solo exposto’ ocupava 21,08% da área da bacia do alto curso do SJD em 1990, passando para 15,87% em 2000 e 33,00% em 2010, a classe ‘Cana-de-açúcar’ ocupava 4,66% da área em 1990, passando para 3,61% em 2000 e 13,03% em 2010.

No alto curso da bacia do SJD, a classe ‘Culturas florestais’ apresentou aumento de área e a classe ‘Culturas perenes’ apresentou diminuição de área, situação também semelhante à ocorrida na área total da bacia. A classe ‘Culturas florestais’ ocupava 0,64% da área da bacia do alto curso do SJD em 1990, passando para 2,12% em 2000 e 4,60% em 2010, a classe ‘Culturas perenes’ ocupava 6,29% da área da bacia do alto curso do SJD em 1990, passando para 4,24% em 2000 e 2,52% em 2010.

A classe ‘Pastagem/Gramíneas’ ocupava 55,86% da área da bacia do alto curso do SJD em 1990, passando para 60,44% em 2000 e 30,19% em 2010, apresentando, entre as classes, a maior queda de área no período avaliado, situação semelhante à ocorrida na área total da bacia.

4.3.2 Uso e ocupação do solo nas APPs marginais da bacia hidrográfica do alto curso do SJD

Os resultados finais obtidos através da classificação realizada nas áreas de preservação permanente marginais da bacia hidrográfica do alto curso do São José dos Dourados são os apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Uso e ocupação do solo nas APPs marginais da bacia hidrográfica do alto curso do SJD, nos anos de 1990, 2000 e 2010

APPs marginais da bacia hidrográfica do alto curso do SJD						
CLASSES DE USO	**1990**		**2000**		**2010**	
	Km²	**%**	**Km²**	**%**	**Km²**	**%**
Vegetações nativas	28,77	32,56	39,31	44,48	56,69	64,15
Culturas florestais	0,39	0,44	0,24	0,27	0,61	0,69
Cana-de-açúcar	3,08	3,49	4,79	5,42	5,09	5,76
Pastagem / Gramíneas	45,02	50,94	36,66	41,48	17,70	20,03
Solo exposto	6,13	6,94	3,96	4,48	5,04	5,70
Culturas anuais	0,06	0,07	0,02	0,02	0,16	0,18
Culturas perenes	4,54	5,14	2,97	3,36	2,78	3,15
Corpos d'água	0,30	0,34	0,32	0,36	0,19	0,22
Áreas urbanas	0,08	0,09	0,10	0,11	0,11	0,12
TOTAL	88,37	100.00	88,37	100,00	88,37	100,00

A Figura 19 ilustra estes resultados, demonstrando a dinâmica do uso e ocupação do solo nas APPs marginais da bacia hidrográfica do alto curso do SJD, ocorrida no período estudado.

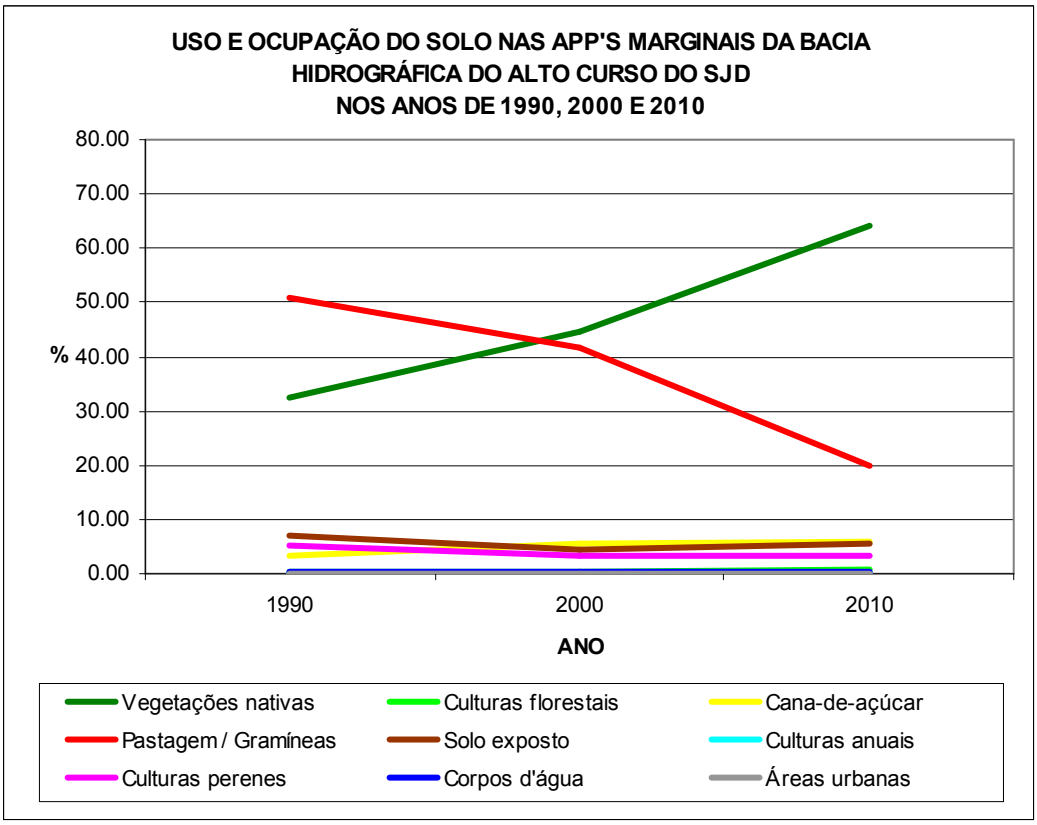


Figura 19 - Uso e ocupação do solo nas APPs marginais da bacia hidrográfica do alto curso do SJD, nos anos de 1990, 2000 e 2010

Considerando as dimensões totais das APPs marginais da bacia hidrográfica do alto curso do SJD, as classes ‘Culturas florestais‘, ‘Culturas anuais’, ‘Corpos d’água’ e ‘Áreas urbanas’, não apresentam variações de área relevantes na dinâmica da relação do uso e ocupação do solo com a situação das APPs no período estudado.

No interior das APPs marginais do alto curso do SJD a classe ‘Vegetações nativas’ apresentou relevante aumento de sua área, ocupando 32,56% das APPs marginais do alto curso do SJD em 1990, passando para 44,48% em 2000 e 64,15% em 2010. Valores estes superiores aos apresentados, nos mesmos períodos, para as médias apresentadas nas APPs marginais de toda a bacia.

As classes ‘Solo exposto’ e ‘Cana-de-açúcar’ apresentaram, dentro das APPs marginais do alto curso do SJD pequenas variações entre os anos estudados. A classe ‘Solo exposto’ ocupava 6,94% das APPs marginais do alto curso do SJD em 1990, passando para 4,48% em 2000 e 5,70% em 2010, a classe ‘Cana-de-açúcar’ ocupava 3,49% das APPs marginais do alto curso do SJD em 1990, passando para 5,42% em 2000 e 5,76% em 2010.

A classe ‘Culturas perenes’ apresentou, no interior das APPs do alto curso do SJD, a mesma tendência de diminuição ocorrida (com a mesma classe) nas APPs marginais totais da bacia. A classe ‘Culturas perenes’ ocupava 5,14% das APPs marginais do alto curso do SJD em 1990, passando para 3,36% em 2000 e 3,15% em 2010.

A classe ‘Pastagem/Gramíneas’ ocupava 50,94% das APPs marginais do alto curso do SJD em 1990, passando para 41,48% em 2000 e 20,03% em 2010. Assim como ocorreu no total das APPs da bacia, no alto curso a classe ‘Pastagem/Gramíneas’ foi a que cedeu a maior área para o aumento da classe ‘Vegetações nativas’.

4.4 Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do médio curso do São José dos Dourados nos anos de 1990, 2000 e 2010

4.4.1 Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do médio curso do SJD

Os resultados finais obtidos do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do médio curso do SJD são os apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do médio curso do SJD, nos anos de 1990, 2000 e 2010

Bacia hidrográfica do médio curso do SJD						
CLASSES DE USO	**1990**		**2000**		**2010**	
	Km²	**%**	**Km²**	**%**	**Km²**	**%**
Vegetações nativas	322,29	10,67	361,73	11,98	428,77	14,20
Culturas florestais	15,08	0,50	24,04	0,80	66,65	2,21
Cana-de-açúcar	68,44	2,27	102,39	3,39	300,83	9,96
Pastagem / Gramíneas	1804,79	59,77	1873,50	62,05	1264,19	41,87
Solo exposto	604,92	20,03	508,07	16,83	817,41	27,07
Culturas anuais	10,20	0,34	2,19	0,07	5,24	0,17
Culturas perenes	182,79	6,05	132,93	4,40	119,69	3,96
Corpos d'água	0,24	0,01	1,22	0,04	0,60	0,02
Áreas urbanas	10,73	0,36	13,41	0,44	16,10	0,53
TOTAL	3019,48	100,00	3019,48	100,00	3019,48	100,00

A Figura 20 ilustra estes resultados, demonstrando a dinâmica do uso e ocupação do solo na bacia do médio curso do SJD, ocorrida no período estudado.

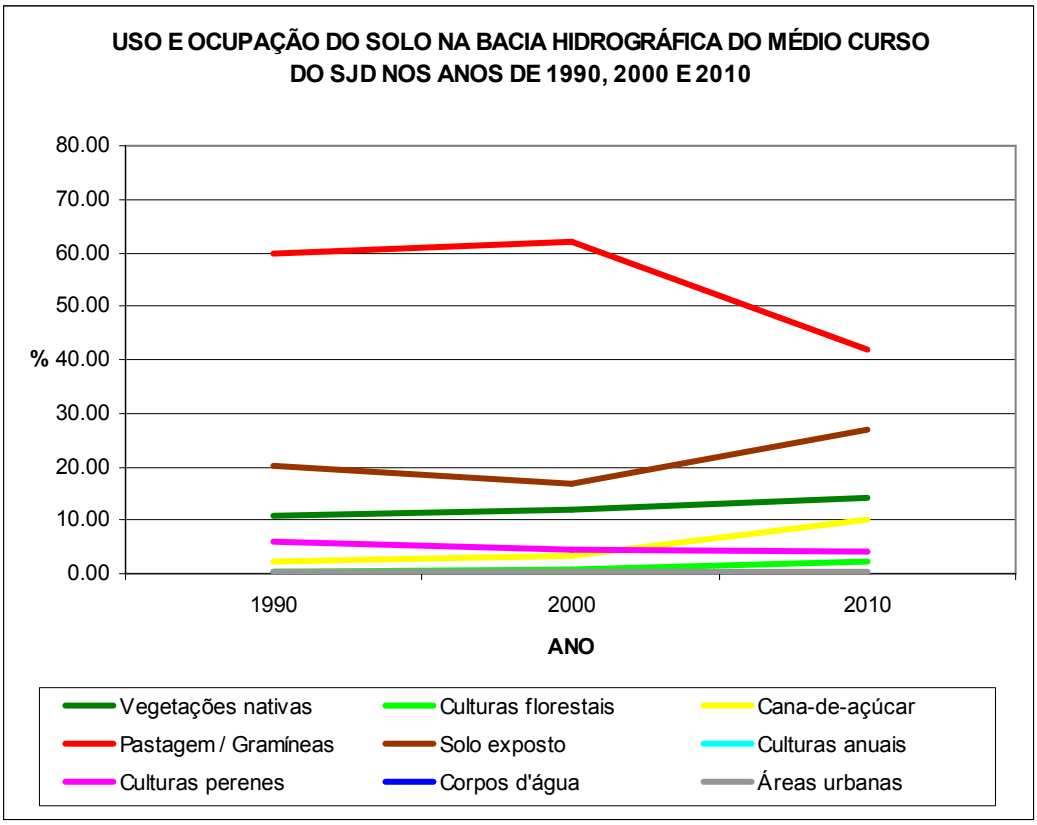


Figura 20 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do médio curso do SJD, nos anos de 1990, 2000 e 2010

Considerando as dimensões totais da bacia do médio curso do SJD, as classes ‘Culturas anuais’, ‘Corpos d’água’ e ‘Áreas urbanas’, não apresentam variações de área relevantes na dinâmica do uso e ocupação do solo no período estudado.

No médio curso da bacia do SJD ocorreu, assim como ocorreu na área total da bacia, aumento da área ‘Vegetações nativas’, que possuía 10,67% da área da bacia do médio curso do SJD em 1990, passando para 11,98% em 2000 e 14,20% em 2010. As porcentagens da classe ‘Vegetações nativas’ na bacia do médio curso, são maiores se comparadas (com a porcentagem da mesma classe) na área total da bacia, para todos os anos estudados.

Assim como ocorreu na área total da bacia e no seu alto curso, no médio curso as classes ‘Solo exposto’ e ‘Cana-de-açúcar’ também apresentaram aumento relevante de suas áreas no período avaliado. A classe ‘Solo exposto’ ocupava 20,03% da área da bacia do médio curso do SJD em 1990, passando para 16,83% em 2000 e 27,07% em 2010, a classe ‘Cana-de-açúcar’ ocupava 2,27% da

área da bacia do médio curso do SJD em 1990, passando para 3,39% em 2000 e 9,96% em 2010.

As classes ‘Culturas florestais’ e ‘Culturas perenes’ mantiveram, no médio curso do SJD, as mesmas tendências de variações de área que apresentaram na área total da bacia. A classe ‘Culturas florestais’ ocupava 0,50% da área da bacia do médio curso do SJD em 1990, passando para 0,80% em 2000 e 2,21% em 2010 (aumento de área), a classe ‘Culturas perenes’ ocupava 6,05% da área da bacia do médio curso do SJD em 1990, passando para 4,40% em 2000 e 3,96% em 2010 (diminuição de área).

Na bacia do médio curso do SJD a classe ‘Pastagem/Gramíneas’ ocupava 59,77% da área em 1990, passando para 62,05% em 2000 e 41,87% em 2010, apresentando novamente, entre as classes, a maior queda de área no período avaliado, situação semelhante à ocorrida no alto curso e na área total da bacia.

4.4.2 Uso e ocupação do solo nas APPs marginais da bacia hidrográfica do médio curso do SJD

Os resultados finais obtidos através da classificação realizada nas áreas de preservação permanente marginais da bacia hidrográfica do médio curso do São José dos Dourados são os apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 - Uso e ocupação do solo nas APPs marginais da bacia hidrográfica do médio curso do SJD, nos anos de 1990, 2000 e 2010

APPs marginais da bacia hidrográfica do médio curso do SJD						
CLASSES DE USO	**1990**		**2000**		**2010**	
	Km²	**%**	**Km²**	**%**	**Km²**	**%**
Vegetações nativas	92,57	32,01	108,77	37,62	149,06	51,55
Culturas florestais	1,10	0,38	0,36	0,12	1,53	0,53
Cana-de-açúcar	6,02	2,08	18,57	6,42	12,29	4,25
Pastagem / Gramíneas	148,20	51,25	133,50	46,17	100,58	34,78
Solo exposto	23,42	8,10	16,83	5,82	17,53	6,06
Culturas anuais	0,23	0,08	0,05	0,02	0,36	0,12
Culturas perenes	17,42	6,02	10,41	3,60	7,35	2,54
Corpos d'água	0,14	0,05	0,60	0,21	0,39	0,13
Áreas urbanas	0,06	0,02	0,07	0,02	0,07	0,02
TOTAL	289,16	100,00	289,16	100,00	289,16	100,00

A Figura 21 ilustra estes resultados, demonstrando a dinâmica do uso e ocupação do solo nas APPs marginais da bacia hidrográfica do médio curso do SJD, ocorrida no período estudado.

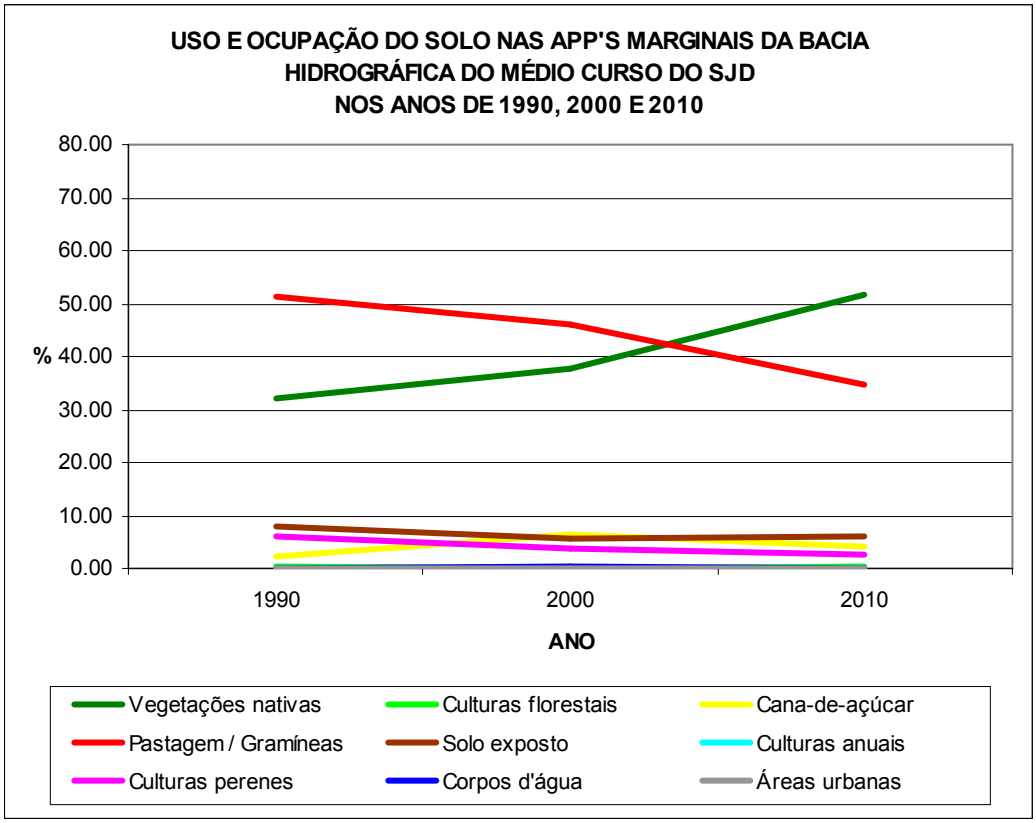


Figura 21 - Uso e ocupação do solo nas APPs marginais da bacia hidrográfica do médio curso do SJD, nos anos de 1990, 2000 e 2010

Considerando as dimensões totais das APPs marginais da bacia hidrográfica do médio curso do SJD, as classes ‘Culturas florestais‘, ‘Culturas anuais’, ‘Corpos d’água’ e ‘Áreas urbanas’, não apresentam variações de área relevantes na dinâmica da relação do uso e ocupação do solo com a situação das APPs no período estudado.

No interior das APPs marginais do médio curso do SJD a classe ‘Vegetações nativas’ apresentou relevante aumento de sua área, semelhante ao ocorrido no interior das APPs da bacia e do alto curso. A classe ‘Vegetações nativas’ ocupava 32,01% das APPs marginais do médio curso do SJD em 1990, passando para 37,62% em 2000 e 51,55% em 2010. Valores estes superiores aos apresentados, nos mesmos períodos, para as médias apresentadas nas APPs marginais de toda a bacia.

As classes ‘Solo exposto’ e ‘Cana-de-açúcar’ apresentaram, dentro das APPs marginais do médio curso do SJD, pequenas variações (dentro da dinâmica da relação do uso e ocupação do solo com a situação das APPs marginais) entre os anos estudados. Semelhante ao ocorrido no interior das APPs da bacia e do alto curso. A classe ‘Solo exposto’ ocupava 8,10% das APPs marginais do médio curso do SJD em 1990, passando para 5,82% em 2000 e 6,06% em 2010, a classe ‘Cana-de-açúcar’ ocupava 2,08% das APPs marginais do médio curso do SJD em 1990, passando para 6,42% em 2000 e 4,25% em 2010.

A classe ‘Culturas perenes’ ocupava 6,02% das APPs marginais do médio curso do SJD em 1990, passando para 3,60% em 2000 e 2,54% em 2010, mantendo a mesma tendência de diminuição ocorrida nas APPs totais da bacia.

Assim como ocorreu no total das APPs da bacia, a classe ‘Pastagem/Gramíneas’ foi a que cedeu a maior área para o aumento da classe ‘Vegetações nativas’ nas APPs do médio curso do SJD. A classe ‘Pastagem/Gramíneas’ ocupava 51,25% das APPs marginais do médio curso do SJD em 1990, passando para 46,17% em 2000 e 34,78% em 2010.

4.5 Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do baixo curso do São José dos Dourados nos anos de 1990, 2000 e 2010

4.5.1 Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do baixo curso do SJD

Os resultados finais obtidos do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do baixo curso do SJD são os apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do baixo curso do SJD, nos anos de 1990, 2000 e 2010

Bacia hidrográfica do baixo curso do SJD						
CLASSES DE USO	**1990**		**2000**		**2010**	
	Km²	**%**	**Km²**	**%**	**Km²**	**%**
Vegetações nativas	58,93	5,14	67,72	5,91	83,26	7,26
Culturas florestais	3,31	0,29	3,30	0,29	9,87	0,86
Cana-de-açúcar	27,53	2,40	40,71	3,55	74,04	6,46
Pastagem / Gramíneas	758,39	66,15	743,82	64,88	515,19	44,94
Solo exposto	136,82	11,93	167,70	14,63	321,05	28,00
Culturas anuais	2,49	0,22	0,63	0,05	4,43	0,39
Culturas perenes	64,94	5,66	36,02	3,14	48,13	4,20
Corpos d'água	92,56	8,07	84,66	7,38	88,39	7,71
Áreas urbanas	1,49	0,13	1,90	0,17	2,10	0,18
TOTAL	1146,46	100,00	1146,46	100,00	1146,46	100,00

A Figura 22 ilustra estes resultados, demonstrando a dinâmica do uso e ocupação do solo na bacia do baixo curso do SJD, ocorrida no período estudado.

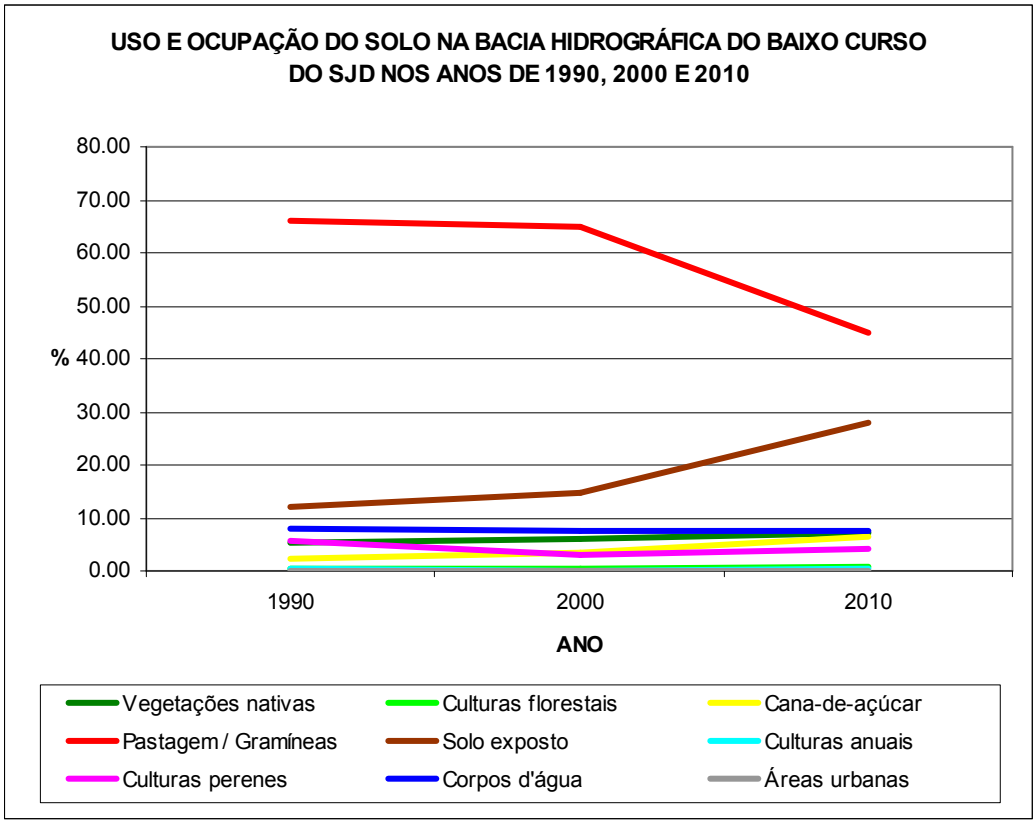


Figura 22 - Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do baixo curso do SJD, nos anos de 1990, 2000 e 2010

Considerando as dimensões totais da bacia do baixo curso do SJD, as classes ‘Culturas florestais’, ‘Culturas anuais’, ‘Corpos d’água’ e ‘Áreas urbanas’, não

apresentam variações de área relevantes na dinâmica do uso e ocupação do solo no período estudado.

Assim como ocorreu na área total da bacia, a classe ‘Vegetações nativas’ apresentou no baixo curso da bacia do SJD, um aumento de área durante o período avaliado, passando de 5,14% em 1990, para 5,91% em 2000 e 7,26% em 2010. No entanto, diferente do que ocorreu com a classe ‘Vegetações nativas’ no alto e no médio curso do SJD, no baixo curso as porcentagens da classe são menores se comparadas com as da área total da bacia, para todos os anos estudados.

As classes ‘Solo exposto’ e ‘Cana-de-açúcar’ mantiveram, na bacia do baixo curso do SJD, as mesmas tendências de aumento de áreas apresentadas anteriormente. A classe ‘Solo exposto’ ocupava 11,93% da área em 1990, passando para 14,63 % em 2000 e 28,00 % em 2010, a classe ‘Cana-de-açúcar’ ocupava 2,40% da área da bacia do baixo curso do SJD em 1990, passando para 3,55% em 2000 e 6,46% em 2010.

A classe ‘Culturas perenes’ ocupava 5,66% da área da bacia do baixo curso do SJD em 1990, passando para 3,14% em 2000 e 4,20% em 2010, mantendo a tendência de diminuição apresentada na área total da bacia.

Na bacia do baixo curso do SJD, a classe ‘Pastagem/Gramíneas’ ocupava 66,15 % da área em 1990, passando para 64,88% em 2000 e 44,94% em 2010, apresentando mais uma vez, entre as classes, a maior queda de área no período avaliado, situação semelhante à ocorrida no alto e médio curso e na área total da bacia.

4.5.2 Uso e ocupação do solo nas APPs marginais da bacia hidrográfica do baixo curso do SJD

Os resultados finais obtidos através da classificação realizada nas áreas de preservação permanente marginais da bacia hidrográfica do baixo curso do São José dos Dourados são os apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 - Uso e ocupação do solo nas APPs marginais da bacia hidrográfica do baixo curso do SJD, nos anos de 1990, 2000 e 2010

APPs marginais da bacia hidrográfica do baixo curso do SJD						
CLASSES DE USO	**1990**		**2000**		**2010**	
	Km²	**%**	**Km²**	**%**	**Km²**	**%**
Vegetações nativas	12,02	11,37	12,84	12,15	24,33	23,02
Culturas florestais	0,14	0,13	0,03	0,03	0,45	0,43
Cana-de-açúcar	3,00	2,84	5,39	5,10	6,41	6,06
Pastagem / Gramíneas	73,46	69,51	75,79	71,71	58,72	55,56
Solo exposto	11,71	11,08	8,95	8,47	10,37	9,81
Culturas anuais	0,14	0,13	0,03	0,03	0,23	0,22
Culturas perenes	5,06	4,79	2,38	2,25	4,90	4,64
Corpos d'água	0,15	0,14	0,23	0,22	0,23	0,22
Áreas urbanas	0,01	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05
TOTAL	105,69	100,00	105,69	100,00	105,69	100,00

A Figura 23 ilustra estes resultados, demonstrando a dinâmica do uso e ocupação do solo nas APPs marginais da bacia hidrográfica do baixo curso do SJD, ocorrida no período estudado.

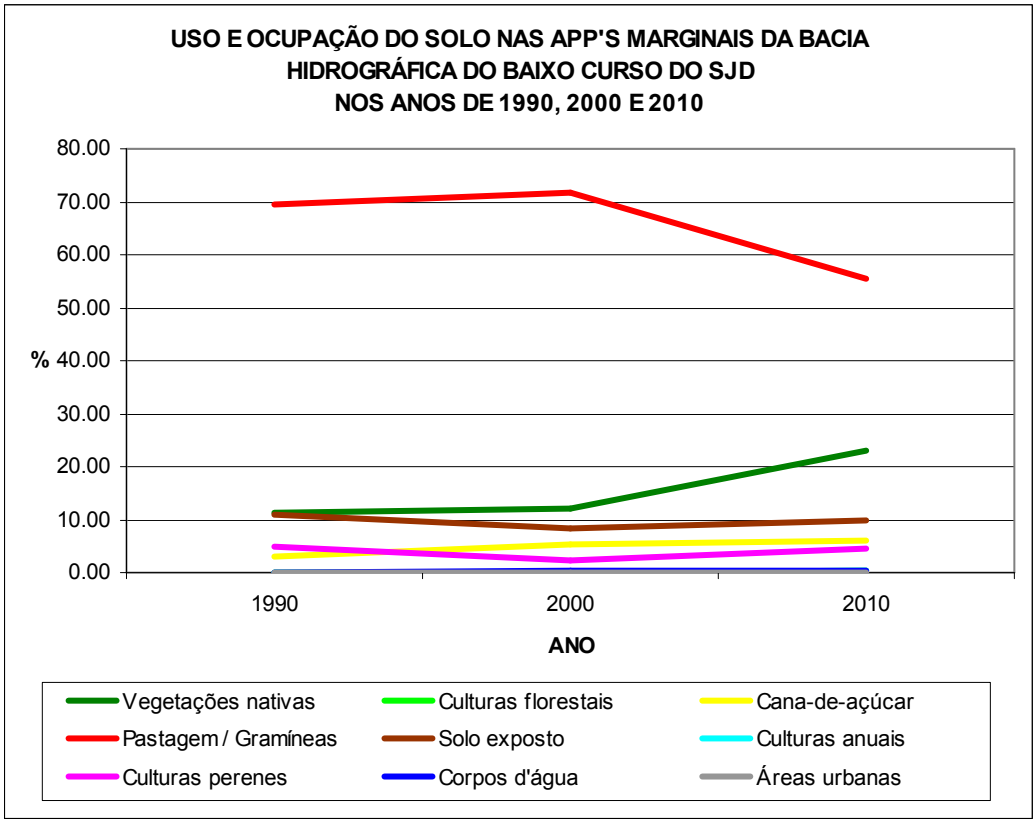


Figura 23 - Uso e ocupação do solo nas APPs marginais da bacia hidrográfica do baixo curso do SJD, nos anos de 1990, 2000 e 2010

Considerando as dimensões totais das APPs marginais da bacia hidrográfica do baixo curso do SJD, as classes ‘Culturas florestais‘, ‘Culturas anuais’, ‘Corpos d’água’ e ‘Áreas urbanas’, não apresentam variações de área relevantes na dinâmica da relação do uso e ocupação do solo com a situação das APPs no período estudado.

A classe ‘Vegetações nativas’ apresentou, no interior das APPs do baixo curso da bacia do SJD, um aumento de área durante o período avaliado, passando de 11,37% das APPs marginais do baixo curso do SJD em 1990, para 12,15% em 2000 e 23,02% em 2010, no entanto essas porcentagens são menores do que as observadas no interior das APPs do alto e médio curso do SJD.

As classes ‘Solo exposto’, ‘Cana-de-açúcar’ e ‘Culturas perenes’ apresentaram, no interior das APPs marginais do baixo curso do SJD, pequenas variações (dentro da dinâmica da relação do uso e ocupação do solo com a situação das APPs marginais), entre os anos estudados. A classe ‘Solo exposto’ ocupava 11,08% das APPs marginais do baixo curso do SJD em 1990, passando para 8,47 % em 2000 e 9,81% em 2010, a classe ‘Cana-de-açúcar’ ocupava 2,84% das APPs marginais do baixo curso do SJD em 1990, passando para 5,10% em 2000 e 6,06% em 2010, a classe ‘Culturas perenes’ ocupava 4,79% das APPs marginais do baixo curso do SJD em 1990, passando para 2,25% em 2000 e 4,64% em 2010.

Assim como ocorreu no total das APPs da bacia, a classe ‘Pastagem/Gramíneas’ foi a que cedeu a maior área para o aumento da classe ‘Vegetações nativas’ nas APPs do baixo curso do SJD. A classe ‘Pastagem/Gramíneas’ ocupava 69,51% das APPs marginais do baixo curso do SJD em 1990, passando para 71,71% em 2000 e 55,56% em 2010.

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho, aliados à pesquisa bibliográfica realizada e ao conhecimento da bacia hidrográfica, permitiram chegar às seguintes conclusões:

1. Na área total da bacia ocorre, no período avaliado, uma diminuição representativa da classe ‘Pastagem/Gramíneas’, que cede área principalmente para as classes ‘Solo exposto’ e ‘Cana-de-açúcar’.

2. Nas Áreas de Preservação Permanente marginais ocorre, no período avaliado, uma diminuição representativa da classe ‘Pastagem/Gramíneas’, que cede área principalmente para a classe ‘Vegetações nativas’.

3. A substituição observada das áreas de ‘Pastagem/Gramíneas’, na bacia em estudo, pelos plantios de ‘Cana-de-açúcar’, tem levado a uma recuperação gradual das ‘Vegetações nativas’ nas APPs marginais, muito provavelmente, pela preocupação do setor sucroalcooleiro em cumprir a legislação ambiental vigente.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, V.P.S.; CAMARGO, P.B.; GROPPO, J.D.; LARA, L.L.B.; MORAES, J.M.; OMETTO, J.P.H.B.; SALOMÃO, M.S.M. B.; TOMAZELLI, A.C. **Caderno de Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo.** Estrutura e Funcionamento de Bacias Hidrográficas de Meso e Micro-Escala do Estado de São Paulo: Bases para Gerar e Sustentar a Biodiversidade. Programa BiotaFapesp. Piracicaba-SP, 2005. 1 CD-ROM.

BACHA, C.J.C. O uso dos recursos florestais e as políticas econômicas brasileiras – uma visão histórica e parcial de um processo de desenvolvimento**. Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 393-426, 2004.

BARRELLA, W.; PETRERE, M.J.; SMITH, W.S.; MONTAG, L.F.A. As relações entre as matas ciliares os rio s e os peixes.In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) **Matas ciliares:**conservação e recuperação. 2. ed. São Paulo: USP, 2001. cap. 12 p. 187 – 207.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** 5. ed. São Paulo: Ícone, 2005 . 355p.

BORGES, L.A.C. **Aspectos técnicos e legais que fundamentam o estabelecimento das áreas de preservação permanente (APP).** 2008. 193p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2008;

BORGES, L.A.C.; REZENDE, J.L.P.; PEREIRA, J.A.A.; JÚNIOR, L.M.C.; BARROS, D.A. Áreas de preservação permanente na legislação ambiental brasileira. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.7, p.1202-1210, jul, 2011.

BRASIL. **Decreto Federal nº 23.793,** de 23 de janeiro de 1934. Decreta o Código Florestal. Rio de Janeiro/RJ, 1934. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/d23793.htm>. Acesso em: mai 2012.

BRASIL. **Decreto Federal nº 24.643,** de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. Rio de Janeiro/RJ, 1934. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm>. Acesso em: mai 2012.

BRASIL. **Decreto Federal nº 24.645,** de 10 de julho de 1934. Estabelece medidas de proteção aos animais. Rio de Janeiro/RJ, 1934. Disponível em: < http://legis.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=39567>. Acesso em: mai 2012.

BRASIL. **Lei nº 4.771,** de 15 de setembro de 1965. Institui o Código Florestal brasileiro. Brasília, DF, 1965. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4771.htm>. Acesso em: mai 2012.

BRASIL. **Lei nº 7.511,** de 07 de julho de 1986. Altera dispositivos da Lei nº 4.771/65. Brasília, DF, 1986. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7511.htm>. Acesso em: mai 2012.
BRASIL. **Lei nº 7.803,** de 18 de julho de 1989. Altera a redação da Lei nº 4.771/65. Brasília, DF, 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7803.htm>. Acesso em: mai 2012.

BRASIL. **Lei nº 9.433,** de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília, DF, 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm> Acesso em: out 2013.

BRASIL. **Lei nº 12.651,** de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: jun 2012.

BRASIL. **Lei nº 12.727,** de 17 de outubro de 2012. Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12727.htm>. Acesso em: jan 2013.

BRASIL. **Medida Provisória nº 2.166-67,** de 24 de agosto de 2001. Altera os arts 1º, 4º, 14º, 16º e 44º, e acresce dispositivos à Lei nº 4.771/65. Brasília, DF, 2001. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/mpv/2166-67.htm.htm>. Acesso em: mai 2012.

BROOKS, K.N.; FFOLLIOT, P.F.; GREGERSEN, H.M.; THAMES,J.L. **Hydrology and the Management of Watersheds.** Iowa State University Press,1991. 391p.

BROWN JR, K.S. Insetos indicadores da história, composição, diversidade e integridade de matas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H de F. (Ed.). **Matas ciliares:** conservação e recuperação. 2. ed. São Paulo: USP, 2001. cap. 14, p. 223 – 232.

BURROUGH, P.A. **Principles of geographical information system for earth resources assessment.** Oxford: Clarendon Press, 1986. 193p.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO JOSÉ DOS DOURADOS – CBH-SJD. **Apresentação - Caracterização.** Disponível em: <http://www.comitesjd.sp.gov.br/apresentacao.htm>. Acesso em: jun 2009.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 302,** de 20 de março de 2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Brasília, DF, 2002. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30202.html>. Acesso em: mai 2012.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 303,** de 20 de março de 2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Brasília, DF, 2002. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>. Acesso em: mai 2012.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 004,** de 18 de setembro de 1985. Brasília, DF, 1985. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res85/res0485.html>. Acesso em: mai 2012.

COOPERATIVA DE SERVIÇOS E PESQUISAS TECNOLÓGICAS E INDUSTRIAIS - CPTI. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. **Elaboração de mapa de feições erosivas urbanas e rurais da bacia do rio São José dos Dourados.** 2008. Relatório Técnico nº 295/07. 80p.

CORRÊA, J.B.L**. Quantificação das Áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal e de seus impactos econômicos na bacia do rio Pomba em Minas Gerais.** 2006. 79p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

COSTA, F.P.S. **Áreas legais de preservação (APP e RL) do Município de Engenheiro Coelho-SP:** distribuição espacial e situação sócio-econômica visando um plano de intervenção. 2008. 147p. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

COSTA, N.M.C.; SILVA, J.X. Geoprocessamento aplicado à criação de planos de manejo: O caso do Parque Estadual da Pedra Branca-RJ. In: SILVA, J.X.; ZAIDAN, R.T. **Geoprocessamento e análise ambiental:** aplicações. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. cap. 2 p. 67 – 114.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Monitoramento por Satélite - Brasil em Relevo. Disponível em: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/>. Acesso em: jul 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2. ed. – Rio de Janeiro : EMBRAPA-SPI, 2006. 306p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Monitoramento por Satélite. Disponível em: < http://www.cnpm.embrapa.br/>. Acesso em: jul 2011.

FISCHER, L.R.C.; SÁ, J.D.M. Áreas de Preservação Permanente Urbanas no contexto do Estatuto da Cidade e da Resolução CONAMA nº 369/2006**.** In: SEMINÁRIO SOBRE O TRATAMENTO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM MEIO URBANO E RESTRIÇÕES AMBIENTAIS AO PARCELAMENTO DO SOLO. 2007, São Paulo, SP.**Anais...** São Paulo:FAUUSP, 2007. p. 244 – 246.

FITZ, P.R. **Geoprocessamento sem complicação.** São Paulo: Oficina de textos, 2008, 160 p.

FLORENZANO, T.G. **Iniciação em sensoriamento remoto.** 3. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2011. 128p.

FRANCISCO, J.; CARVALHO, P.F. A função social da área de preservação permanente na cidade. 2003, ENECS 2003 In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS: "PRODUÇÃO E GESTÃO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO SUSTENTÁVEL - (21-24/09/2003),3., São Paulo, SP, Brasil, 2003. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/planejamento/gpapt/gpapt.htm> Acesso em: dez de 2013

GOTTLE, A. ; SÈNE, E.H. **Forest functions related to protection and environmental conservation.** In: Unasylva Journal. Eleventh Word Forestry Congress. 1997. Antalay. FAO, 1997. vol. 48/3-4.p 190-191. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/w6251e/w6251e06.htm>. Acesso em:jul de 2013.

GROHMANN, C.H.; RICCOMINI, C.; ALVES, F.M. SRTM-based morphotectonic analysis of the Poços de Caldas Alkaline Massif, southeastern Brazil. **Computers & Geosciences,** v.33, p.10-19, 2007.

HINKEL, R. Vegetação ripária: Funções e ecologia**.** In:SEMINÁRIO DE HIDROLOGIA FLORESTAL: ZONAS RIPÁRIAS, 2003. Alfredo Wagner/SC. **Anais...** Alfredo Wagner/SC, 2003.p 40 – 48

HUTCHINSON, M.F. A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits. **Journal of Hydrology,** Amsterdam, v. 106, n. 3/4, p. 211-232, 1989.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Área Territorial Brasileira.** 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_territ_area.shtm>. Acesso em: out 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Estados – São Paulo.** 2010. Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=sp>. Acesso em: out 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Mapas Temáticos – Biomas Brasil.** 2004. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: set 2008.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. **Plano de bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Rio São José dos Dourados – UGRHI 18.** 2008. Relatório Técnico IPT nº 87.018-205, 273p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. **Diagnóstico da situação atual dos Recursos Hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados – Relatório Final.** 1999. Relatório Técnico IPT nº 40.675, 391 p.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. DIVISÃO DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS - DPI. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. SPRING. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/index.html>. Acesso em jul de 2011.
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. DIVISÃO DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS - DPI. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Curso "Introdução ao SPRING".** 2011. 1 CD-ROM.

JACINTHO, L.R.C. **Geoprocessamento e sensoriamento remoto como ferramentas na gestão ambiental de Unidades de Conservação**: O caso da Área de Proteção Ambiental (APA) do Capivari-Monos, São Paulo-SP**.** 2003. 110p. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

JUNK, W.J.; BAYLEY; P.B.; SPARKS, R. E. The flood pulse concept in river – flodplain systems. **Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences**, Ottawa, v. 106, p. 110, 1989.

KAGEYAMA, P.; GANDARA, F.B. Recuperação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H de F. (Ed.). **Matas ciliares**: conservação e recuperação**.** 2. ed. São Paulo: USP, 2001. cap. 15.2, p. 249 – 269.

KARK, S.; Van RENSBURG, B.J. Ecotones: Marginal or central areas of transition? **Israel Journal of Ecology and Evolution**, Jerusalem, v. 52, p. 29 – 53, 2006.

KOBIYAMA, M**. Conceitos de zona ripária e seus aspectos geobiohidrológicos**. In: SEMINÁRIO DE HIDROLOGIA FLORESTAL: ZONAS RIPÁRIAS, 2003. Alfredo Wagner, **Anais...** Alfredo Wagner 2003.p 01 – 13

LIMA, W.P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas.** 2. ed. Piracicaba: USP, 2008. 245p.

LIMA, W.P.; ZAKIA, M.J.B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H de F. (Ed.). **Matas ciliares**: conservação e recuperação. 2. ed. São Paulo: USP, 2001. cap. 3 p. 33 – 44.

LIMA, W.P.; ZAKIA, M.J.B. Saúde ambiental da microbacia. In: LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. **As florestas plantadas e a água – Implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento.** São Carlos: RiMa, 2006. cap. 5 p. 61-75.

LINDNER, E.A.; SILVEIRA, N.F.Q. **A legislação ambiental e as áreas ripárias.** In: SEMINÁRIO DE HIDROLOGIA FLORESTAL: ZONAS RIPÁRIAS, 2003. Alfredo Wagner/SC, **Anais...** Alfredo Wagner/SC, 2003.p 49 – 63

MACEDO, A.C. **Restauração, matas ciliares e de proteção ambiental.** Fundação Florestal, 1993. 27p.

MAIA, A.G. **As consequências do assoreamento na operação de reservatórios formados por barragens**. 2006. 251p. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Áreas de Preservação Permanente Urbanas.** Brasília, 2014. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/areas-verdes-urbanas/%C3%A1reas-de-prote%C3%A7%C3%A3o-permanente>. Acesso em: 12 mar. 2014.

MIRANDA, A.H.M., **APP em área urbana consolidada.** Boletim eletrônico IRIB. BE 3230. Ano VIII. São Paulo, 23 jan. 2008.

MIRANDA, E.E. (Coord.). Brasil em Relevo. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>. Acesso em: 7 nov. 2012.

MIRANDA, E.E.; PINTO, L.C.G.;CRISCUOLO, C.; RODRIGUES, C.A.G. **A dinâmica das florestas no mundo.** Embrapa Monitoramento por Satélite, 2007. Disponível em: < http://www.desmatamento.cnpm.embrapa.br/index.htm>. Acesso em: 30 jul. 2013.

MOREIRA, M.A.; ADAMI, M.; BARROS, M.A.; RUDORFF, B.F.T.; Emprego de imagens do TM/Landsat-5 e da abordagem de classificação híbrida para mapear áreas de citros no estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO,2009. NATAL.**Anais...**Natal: INPE, 25-30 abril 2009. , p. 309-316.

OLIVEIRA, J.B.; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M.N. **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento.** 2. ed. Jaboticabal, FUNEP, 1992. 201p.

PEREIRA, L.A.; PEREIRA, M.C.T. Bacia hidrográfica e sua relação com o ecossistema ripário. In:WORKSHOP SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS DE MATA CILIAR NO SEMIÁRIDO / editores técnicos, Ivan ÁLVARES, I.A.; OLIVEIRA, A.R.de Petrolina: Embrapa Semiárido2010. pt. 1, p. 6 – 15.. (Documentos, 234)

PRIMACK, R.B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação.** Londrina: E. Rodrigues, 2001. 327p.

RESCHILIAN, P.R.; BEVILACQUA, A.F. **A** bacia hidrográfica como unidade territorial de planejamento e desenvolvimento sustentável**.** In:ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS,6., 2012. **Anais...**Belém, 2012.Postêres – GT9

RODRIGUES, R.R. Florestas ciliares? Uma discussão nomenclatural das formações ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H de F. (Ed.). **Matas ciliares:** conservação e recuperação**.** 2. ed. São Paulo: USP, 2001. cap. 6.1, p. 91 – 99.

RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H de F. (Ed.). **Matas ciliares:** conservação e recuperação. 2. ed. São Paulo: USP, 2001. cap. 15.1, p. 235 - 247.

RODRIGUES, R.R.; SHEPHERD, G.J. Fatores condicionantes de vegetação ciliar. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H de F. (Ed.). **Matas ciliares:** conservação e recuperação. 2. ed. São Paulo: USP, 2001. cap. 6.2, p. 101 - 107.

RODRIGUES, T.R.I. **Influência de reservatórios hidrelétricos na gênese e evolução da rede de drenagem no baixo curso do rio São José dos Dourados (SP).** 2006. 218p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

RODRIGUES, T.R.I.; ROCHA, A.M.; FILHO, A.P. Mapeamento de uso e ocupação das terras na Bacia do Baixo Curso do Rio São José do Dourados-SP por sistemas de informações geográficas e imagem de satélite. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO,13.,2007. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 21-26 abril 2007. p. 6091-6097.

RODRÍGUEZ, A.C.M. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados na análise da legislação ambiental no município de São Sebastião-SP.** 2005. 201 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos; Coordenadoria de Recursos Hídricos. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo**. São Paulo: SSRH/CRHi, 2011. 208p.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos. **Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo - SIGRH.** 2000. Disponível em: < http://www.sigrh.sp.gov.br>

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente - SMA; **Guia do Sistema Paulista de Recursos Hídricos.** 2009. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/index/publicacoes_files/guia/guia.pdf>

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente - SMA; 2009. **Fauna ameaçada de extinção no Estado de São Paulo:** Vertebrados. São Paulo: Fundação Parque Zoológico de São Paulo, 2009. 646p.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente - SMA; **Sistema Ambiental Paulista. Ambiente – Fauna.** Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/>. Acesso em: 05 dez. 2013.

SETZER, J. **Atlas climático e ecológico do Estado de São Paulo.** São Paulo :Comissão Internacional da Bacia do Rio Paraná-Uruguai., 1966 122p

SISTEMA DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS DO ESTADO DE SÃO PAULO – SIFESP. **Mapa - Inventário Florestal da Vegetação Nativa do Estado de São Paulo.** 2009. Disponível em: <http://www.iflorestal.sp.gov.br/sifesp/inventario.html>. Acesso em: 31 jul. 2013.

SILVA, J.A.A.; NOBRE, A.D.; MANZATTO, C.V.; JOLY, C.A.; RODRIGUES, R.R.; SKORUPA, L.A.; NOBRE, C.A.; AHRENS, S.; MAY, P.H.; SÁ, T.D.A, CUNHA, M.C.; RECH FILHO, E.L. **O Código Florestal e a Ciência:** contribuições para o diálogo. ISBN 978-85-86957-16-1. São Paulo: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, SBPC; Academia Brasileira de Ciências, ABC. 2011. 124p.

SKIDMORE, A.K. **Environmental modelling with GIS remote sensing.** London: Taylor and Francis Group, USA end Canadá: Routledge. 2002. 268 p.

SKORUPA, L.A. **Áreas de Preservação Permanente e Desenvolvimento Sustentável.** EMBRAPA – Meio Ambiente. Jaguariúna. 2003. 04p

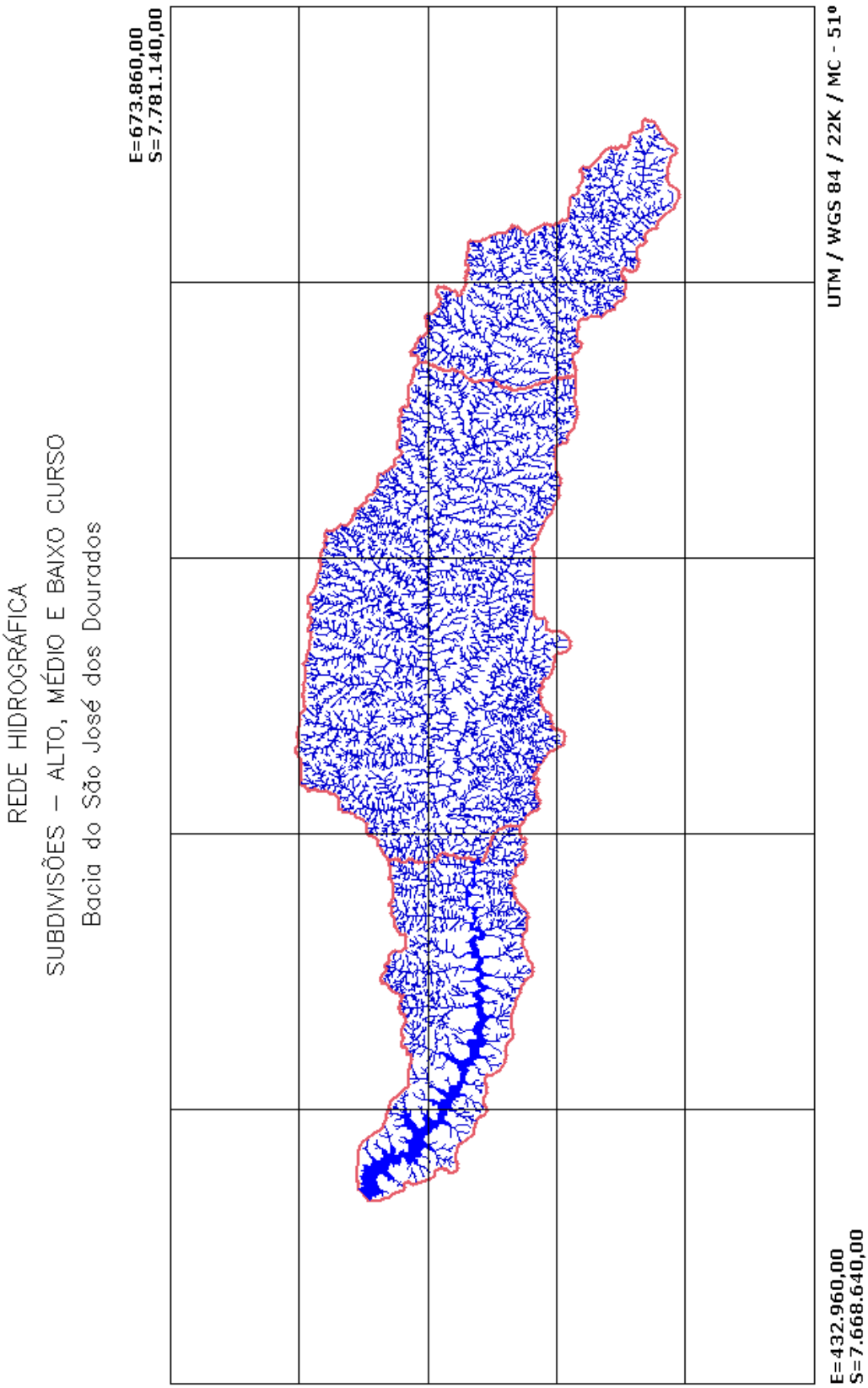
SOUSA JUNIOR, G.A. de. **Zoneamento da faixa tampão do reservatório da UHE-Camargos e avaliação de sua regeneração natural.** 2005. 103p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

TEODORO, V.L.I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D.J.L.; FULLER, B.B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista UNIARA,** Araraquara, n.20, p.137-156. 2007,

VANACKER, V.; MOLINA, A.; GOVERS, G.; POESEN, J.; DERCON, G.; DECKERS, S. River channel response to short-term human-induced change in landscape connectivity in Andean ecosystems. **Geomorphology**, Amsterdam, v. 72, n. 1/4,. p. 340-353. 2005.

ANEXOS

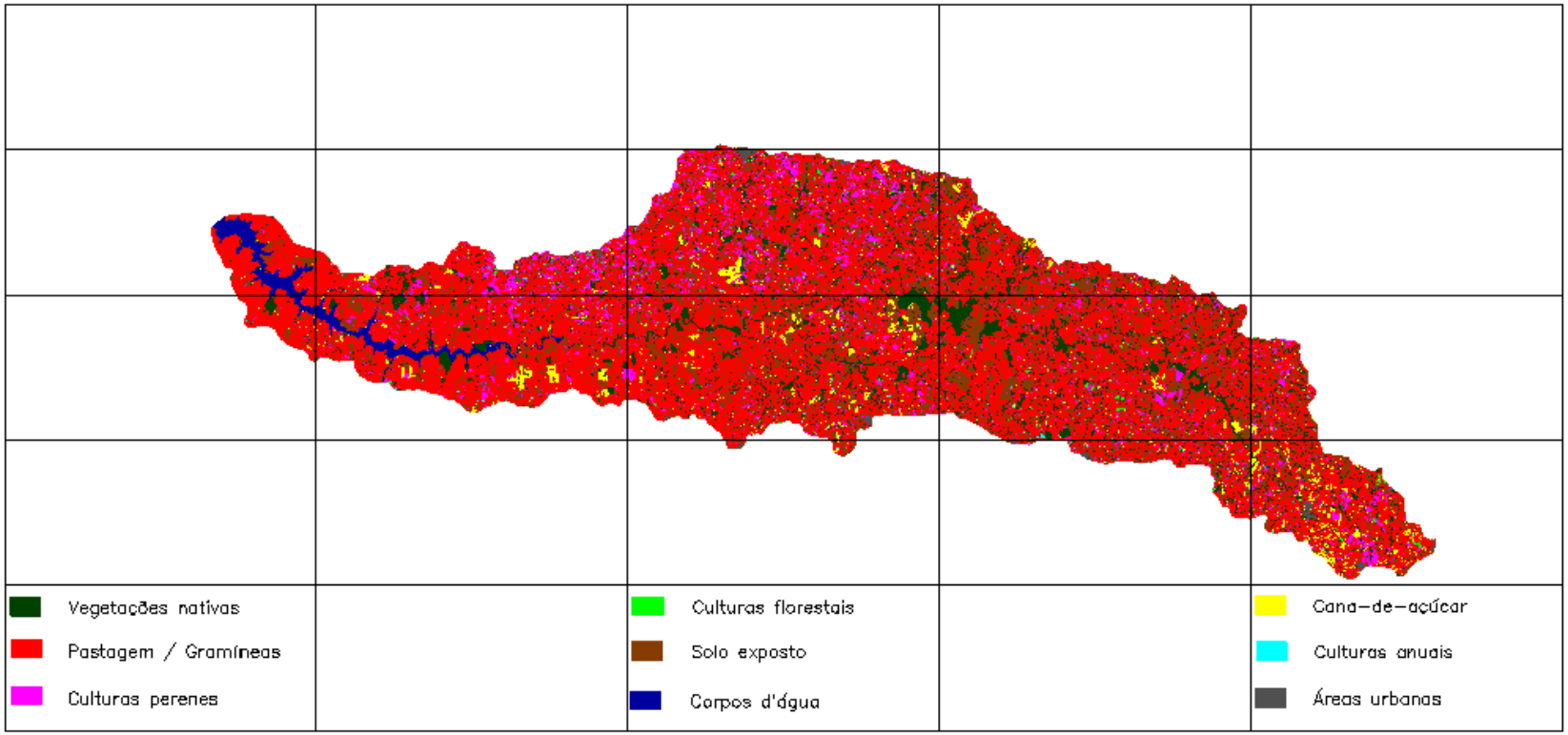
ANEXO A – MAPAS TEMÁTICOS



MAPA TEMÁTICO – USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Bacia do São José dos Dourados – ANO 1990

E=673.860,00
S=7.781.140,00



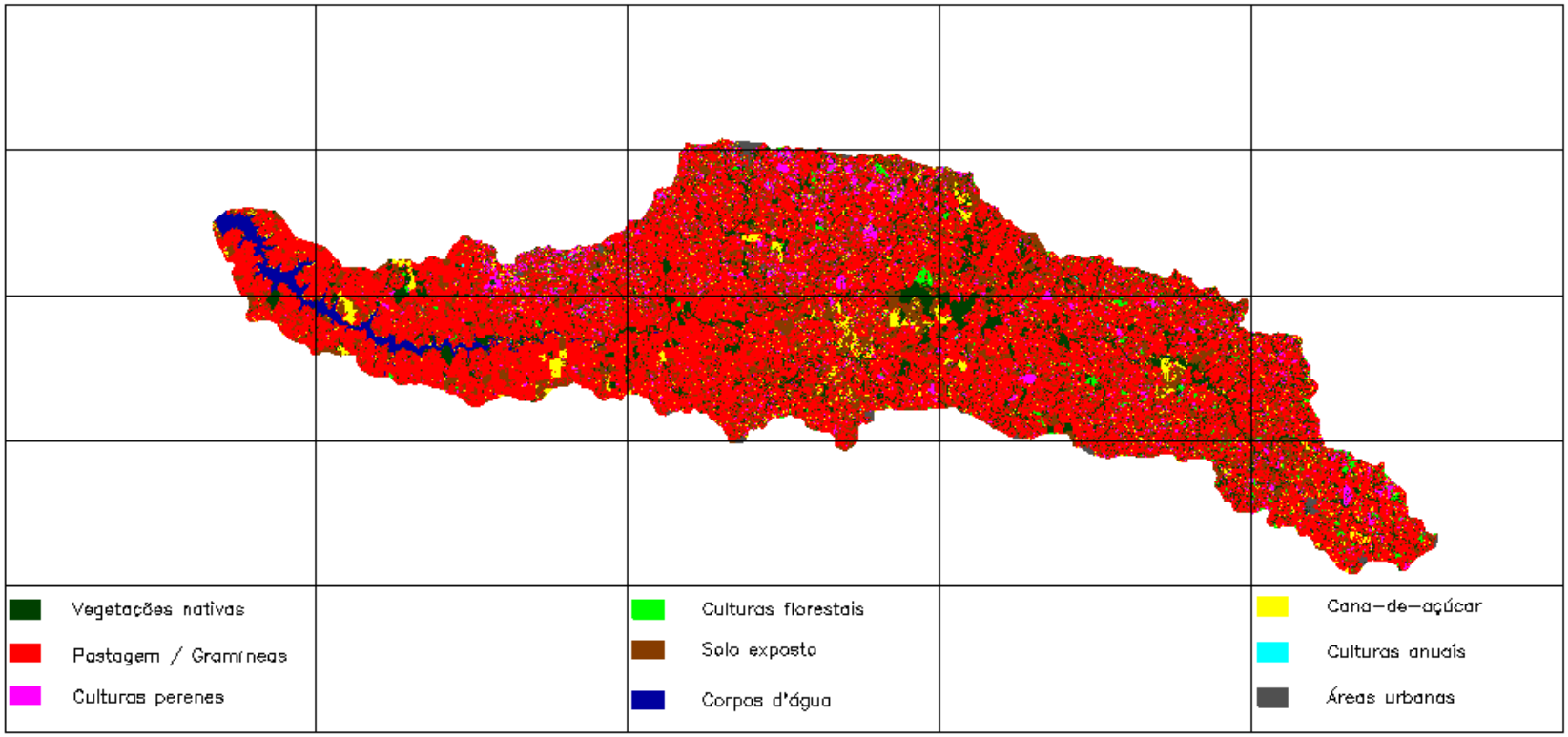
E=432.960,00
S=7.668.640,00

UTM / WGS 84 / 22K / MC - 51º

MAPA TEMÁTICO – USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Bacio do São José dos Dourados – ANO 2000

E=673.860,00
S=7.781.140,00



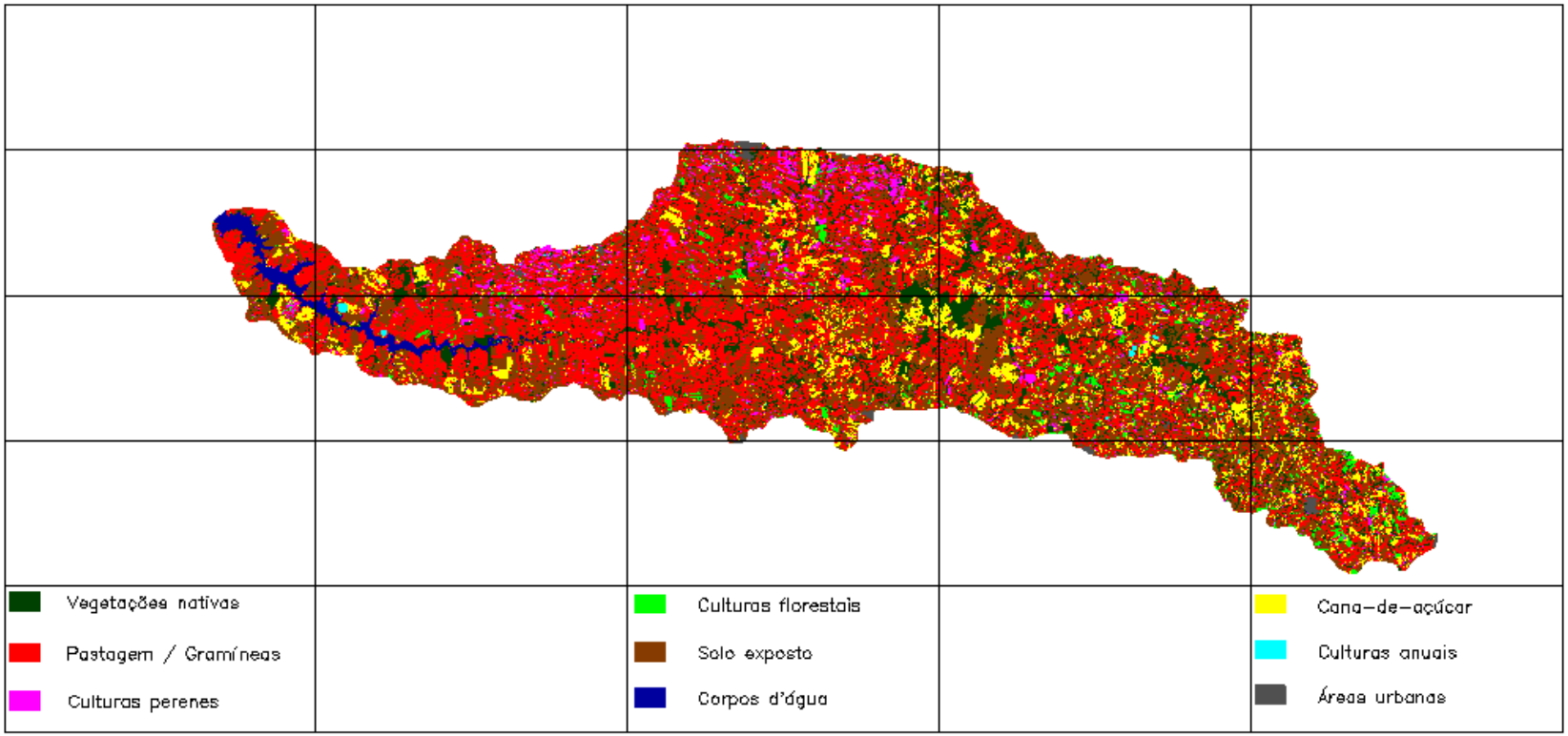
E=432.960,00
S=7.668.640,00

UTM / WGS 84 / 22K / MC - 51º

MAPA TEMÁTICO – USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Bacia do São José dos Dourados – ANO 2010

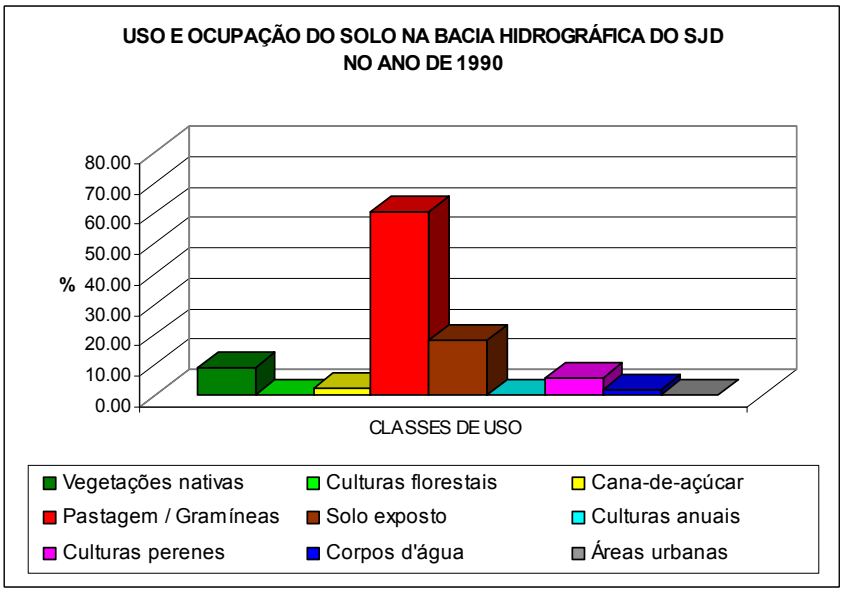
E=673.860,00
S=7.781.140,00

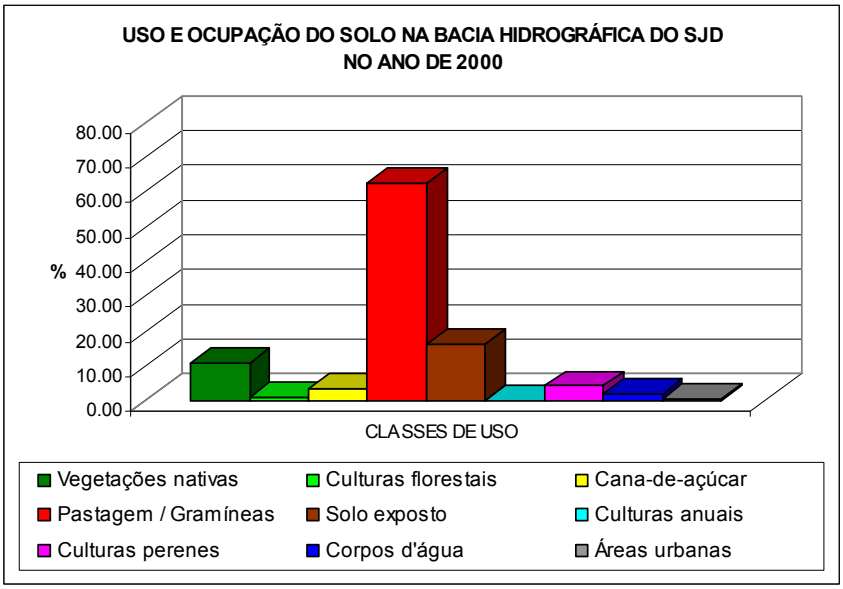


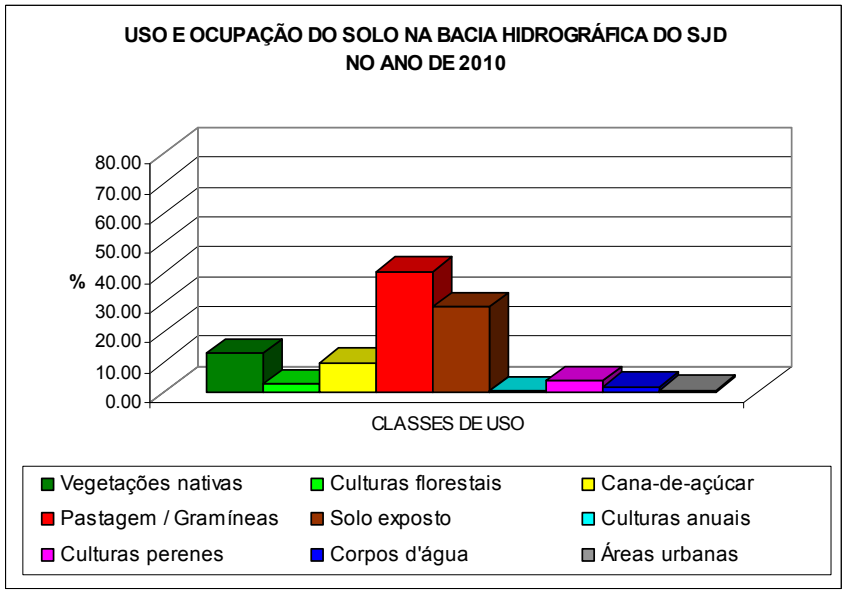
E=432.960,00
S=7.668.640,00

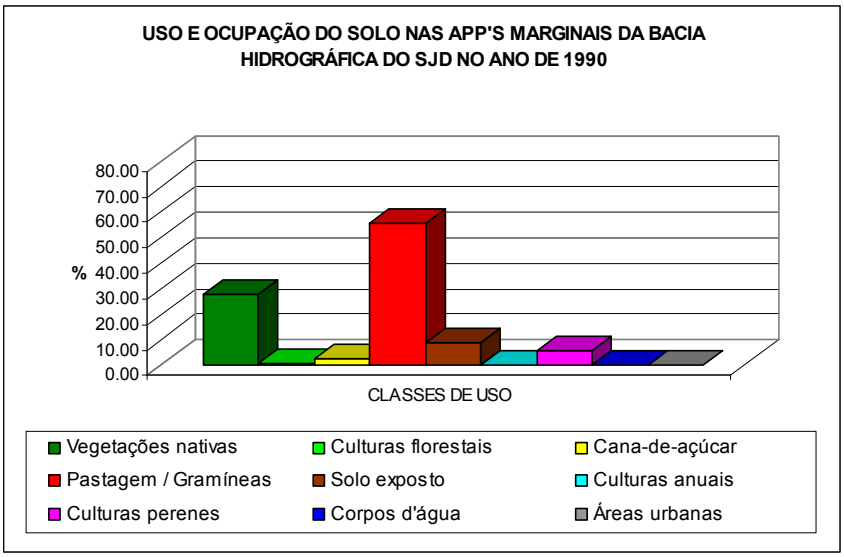
UTM / WGS 84 / 22K / MC - 51º

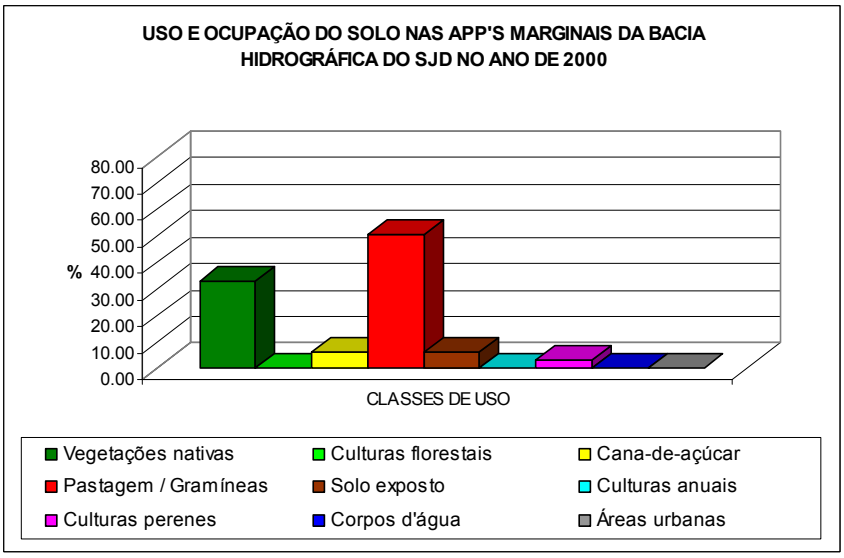
ANEXO B – GRÁFICOS - USO E OCUPAÇÃO ANUAL

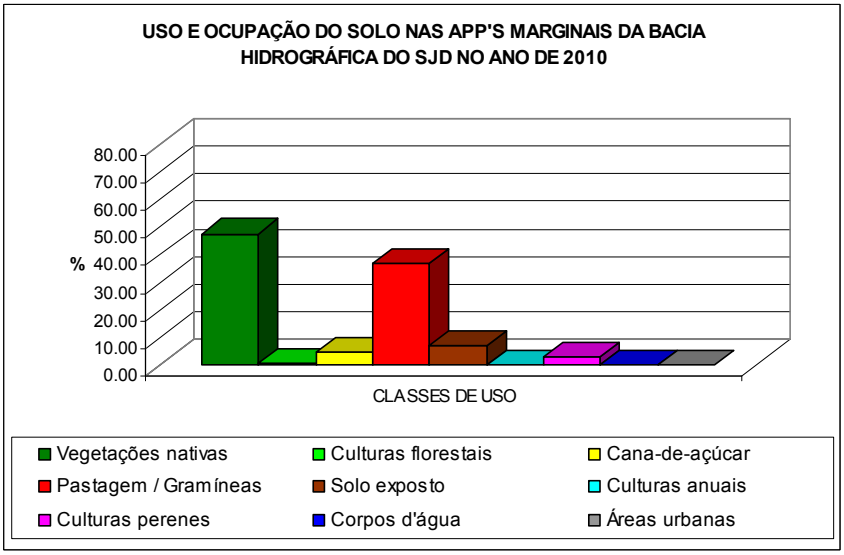


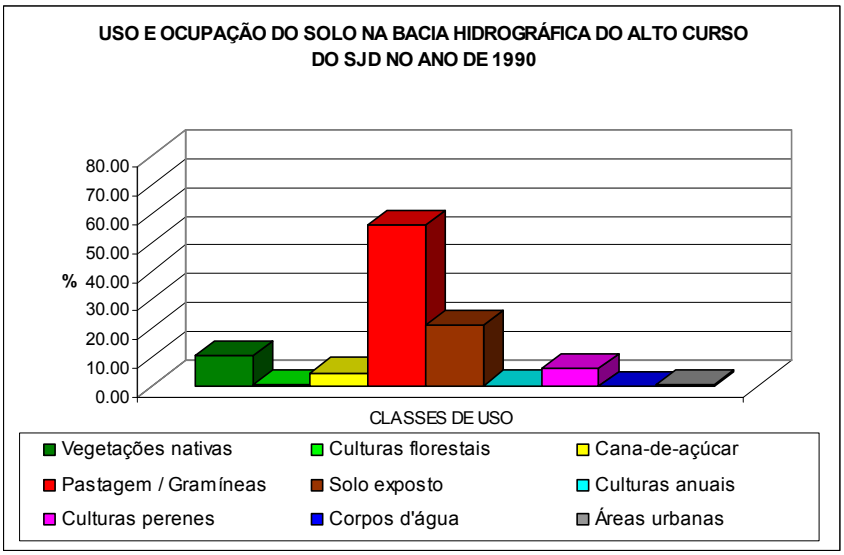


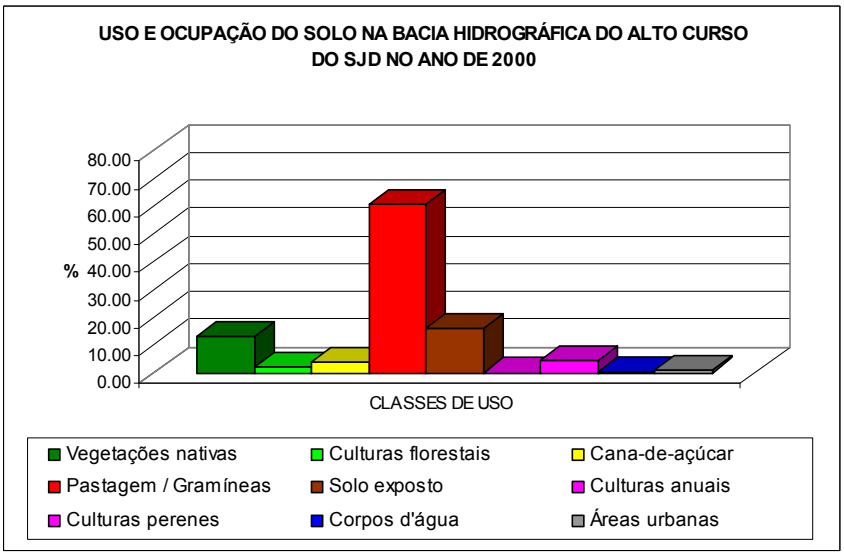


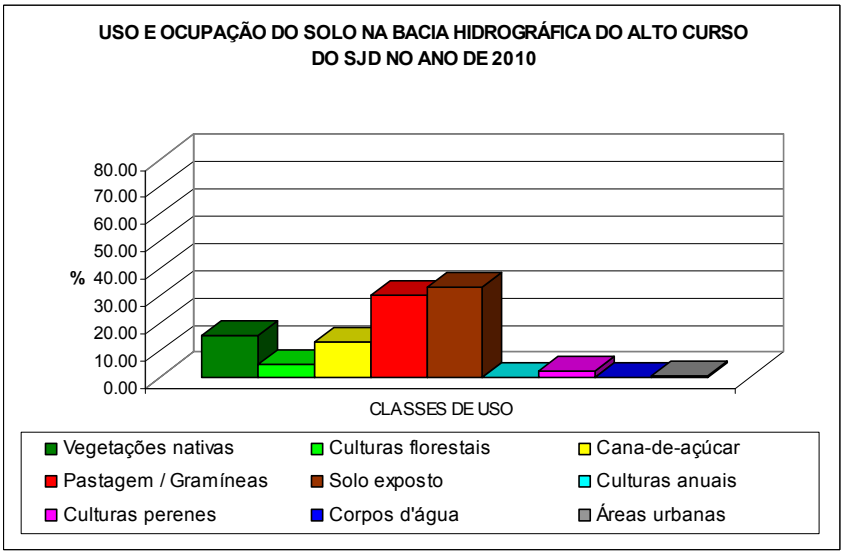

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS APP'S MARGINAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO SJD NO ANO DE 1990
80.00
70.00
60.00
50.00
% 40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
CLASSES DE USO
Vegetações nativas
Culturas florestais
Cana-de-açúcar
Pastagem / Gramíneas
Solo exposto
Culturas anuais
Culturas perenes
Corpos d'água
Áreas urbanas

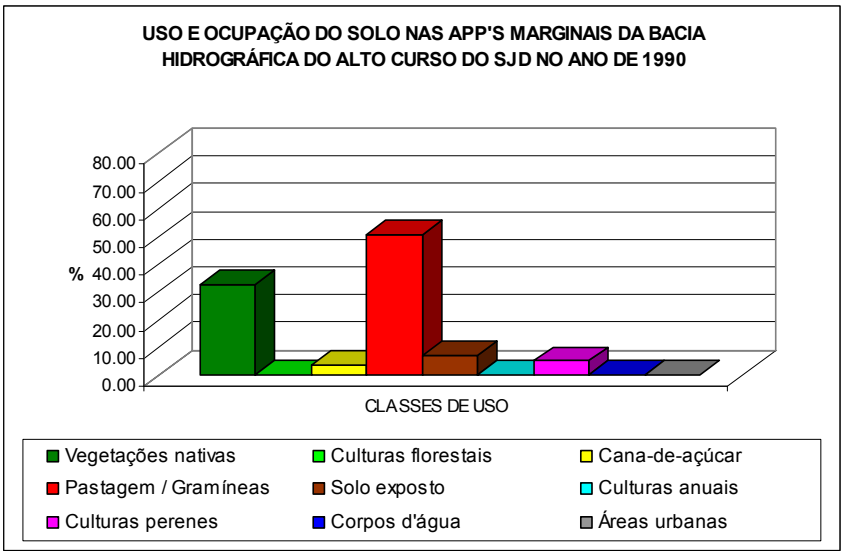

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS APP'S MARGINAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO SJD NO ANO DE 2000
80.00
70.00
60.00
50.00
% 40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
CLASSES DE USO
Vegetações nativas
Culturas florestais
Cana-de-açúcar
Pastagem / Gramíneas
Solo exposto
Culturas anuais
Culturas perenes
Corpos d'água
Áreas urbanas

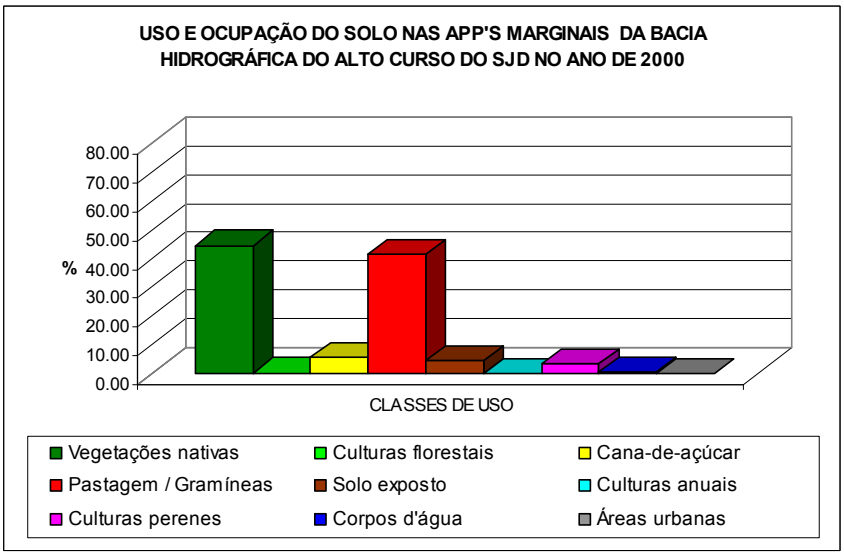

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS APP'S MARGINAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO SJD NO ANO DE 2010
80.00
70.00
60.00
50.00
% 40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
CLASSES DE USO
Vegetações nativas
Culturas florestais
Cana-de-açúcar
Pastagem / Gramíneas
Solo exposto
Culturas anuais
Culturas perenes
Corpos d'água
Áreas urbanas

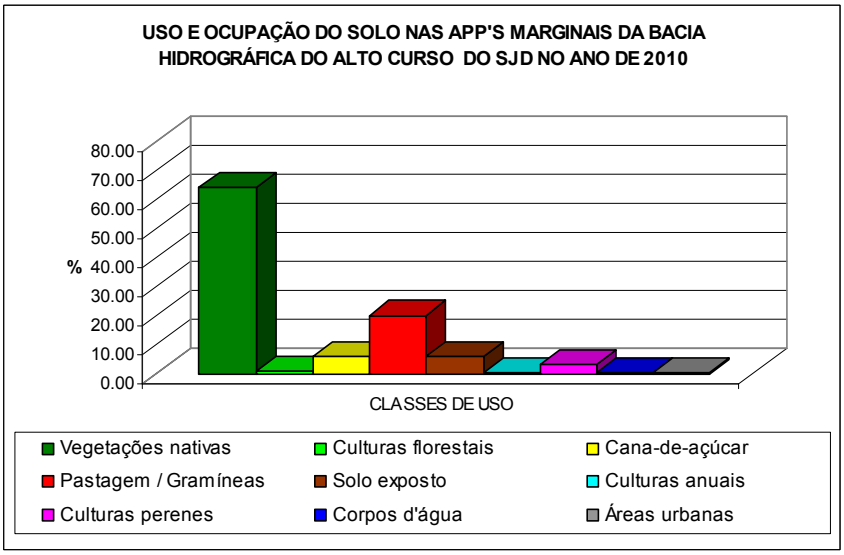

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO CURSO DO SJD NO ANO DE 1990
80.00
70.00
60.00
50.00
% 40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
CLASSES DE USO
Vegetações nativas
Culturas florestais
Cana-de-açúcar
Pastagem / Gramíneas
Solo exposto
Culturas anuais
Culturas perenes
Corpos d'água
Áreas urbanas

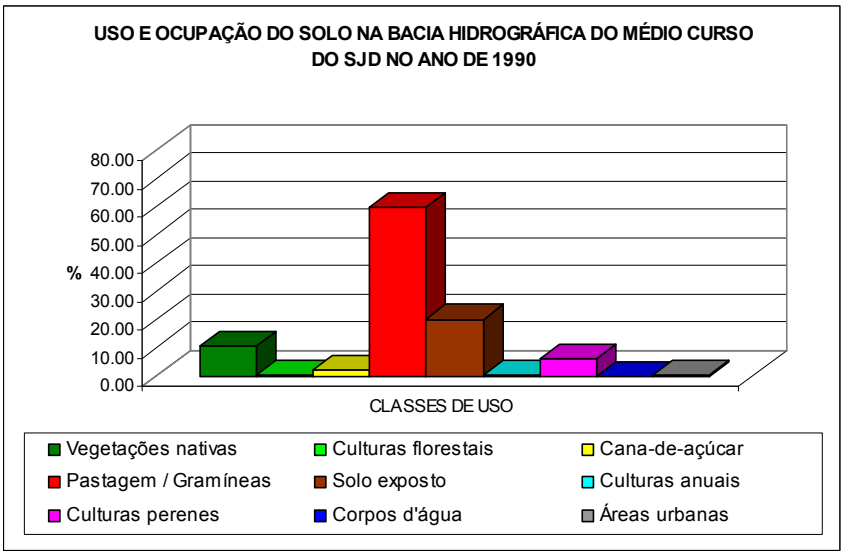

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO CURSO DO SJD NO ANO DE 2000
80.00
70.00
60.00
50.00
% 40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
CLASSES DE USO
Vegetações nativas
Culturas florestais
Cana-de-açúcar
Pastagem / Gramíneas
Solo exposto
Culturas anuais
Culturas perenes
Corpos d'água
Áreas urbanas

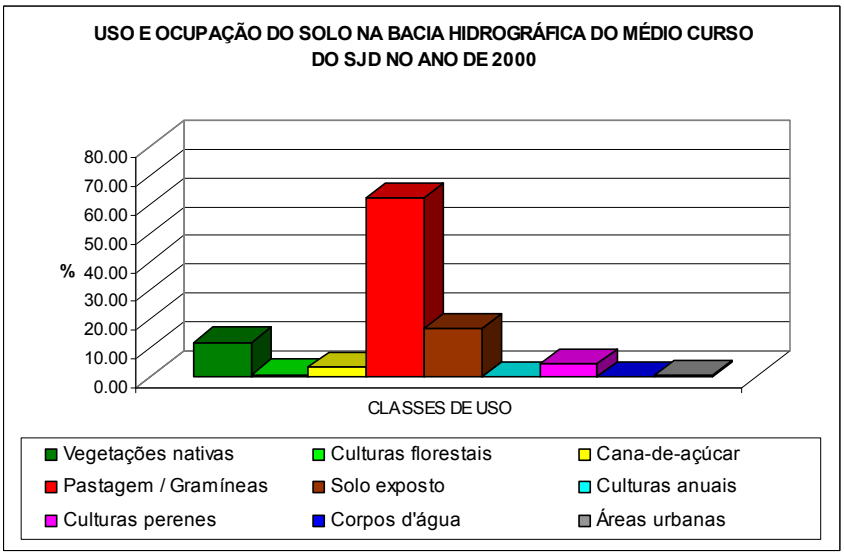

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO CURSO DO SJD NO ANO DE 2010
80.00
70.00
60.00
50.00
% 40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
CLASSES DE USO
Vegetações nativas
Culturas florestais
Cana-de-açúcar
Pastagem / Gramíneas
Solo exposto
Culturas anuais
Culturas perenes
Corpos d'água
Áreas urbanas

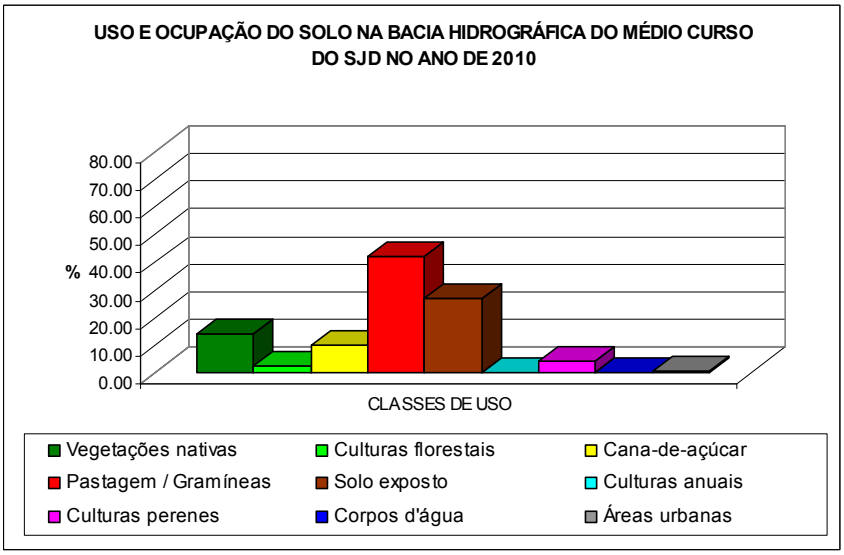

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS APP'S MARGINAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO CURSO DO SJD NO ANO DE 1990
80.00
70.00
60.00
50.00
% 40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
CLASSES DE USO
Vegetações nativas
Culturas florestais
Cana-de-açúcar
Pastagem / Gramíneas
Solo exposto
Culturas anuais
Culturas perenes
Corpos d'água
Áreas urbanas

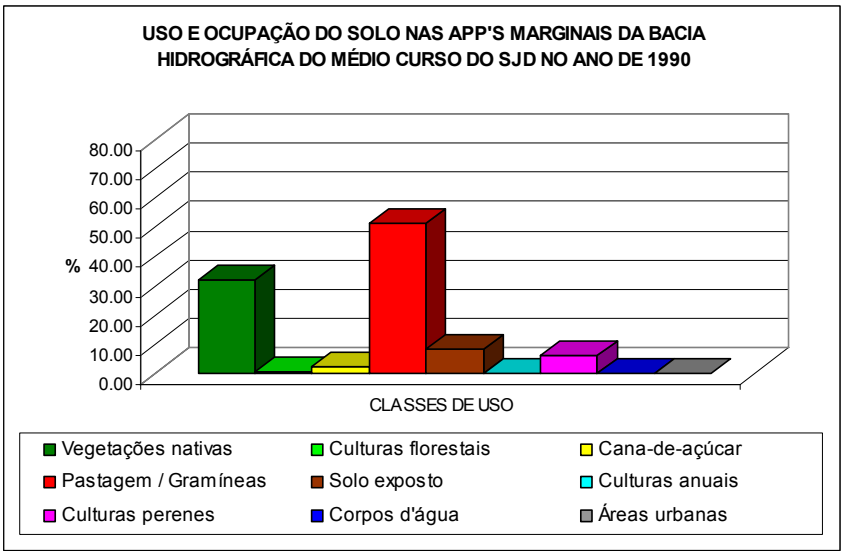

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS APP'S MARGINAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO CURSO DO SJD NO ANO DE 2000
80.00
70.00
60.00
50.00
% 40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
CLASSES DE USO
Vegetações nativas
Culturas florestais
Cana-de-açúcar
Pastagem / Gramíneas
Solo exposto
Culturas anuais
Culturas perenes
Corpos d'água
Áreas urbanas

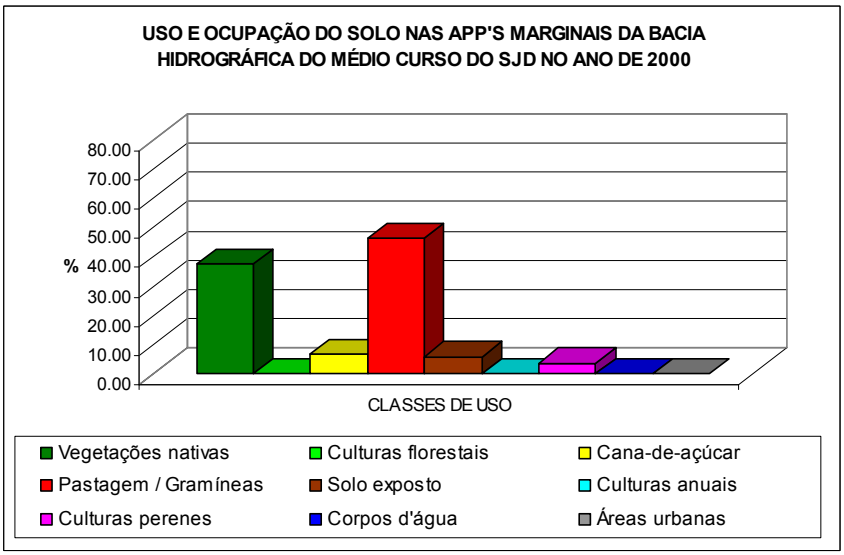

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS APP'S MARGINAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO CURSO DO SJD NO ANO DE 2010
80.00
70.00
60.00
50.00
% 40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
CLASSES DE USO
Vegetações nativas
Culturas florestais
Cana-de-açúcar
Pastagem / Gramíneas
Solo exposto
Culturas anuais
Culturas perenes
Corpos d'água
Áreas urbanas

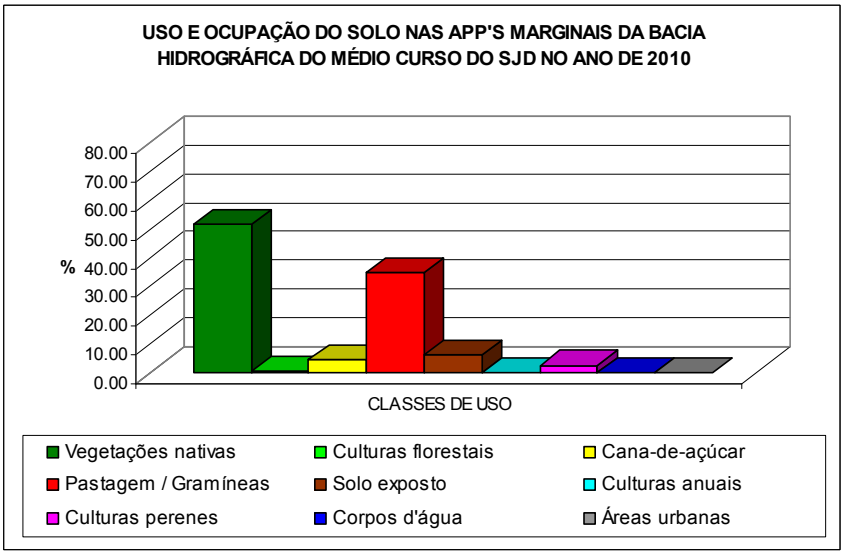

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO MÉDIO CURSO DO SJD NO ANO DE 1990
80.00
70.00
60.00
50.00
% 40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
CLASSES DE USO
Vegetações nativas
Culturas florestais
Cana-de-açúcar
Pastagem / Gramíneas
Solo exposto
Culturas anuais
Culturas perenes
Corpos d'água
Áreas urbanas

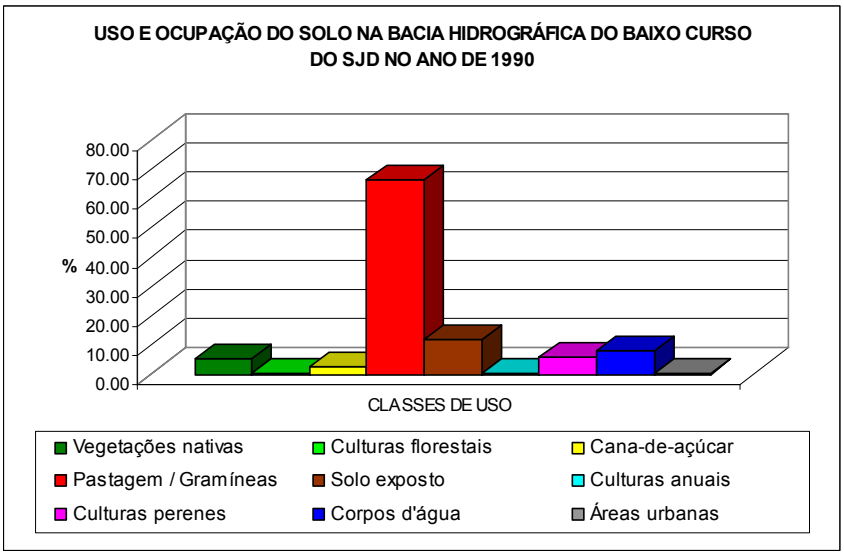

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO MÉDIO CURSO DO SJD NO ANO DE 2000
80.00
70.00
60.00
50.00
% 40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
CLASSES DE USO
Vegetações nativas
Culturas florestais
Cana-de-açúcar
Pastagem / Gramíneas
Solo exposto
Culturas anuais
Culturas perenes
Corpos d'água
Áreas urbanas

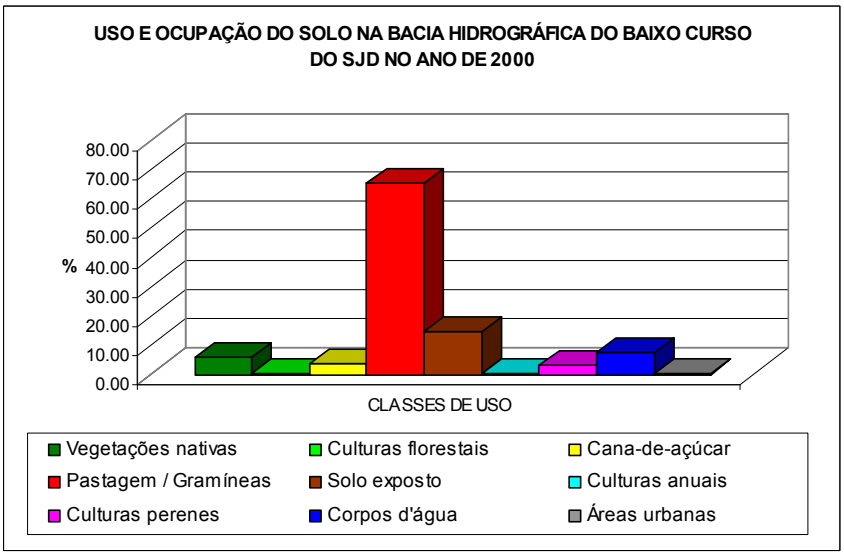

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO MÉDIO CURSO DO SJD NO ANO DE 2010
80.00
70.00
60.00
50.00
% 40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
CLASSES DE USO
Vegetações nativas
Culturas florestais
Cana-de-açúcar
Pastagem / Gramíneas
Solo exposto
Culturas anuais
Culturas perenes
Corpos d'água
Áreas urbanas

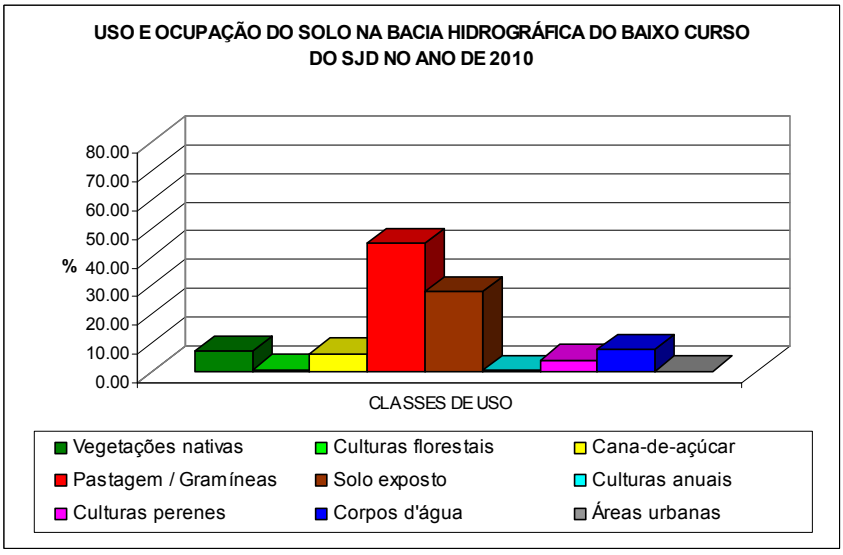

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS APP'S MARGINAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO MÉDIO CURSO DO SJD NO ANO DE 1990
80.00
70.00
60.00
50.00
% 40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
CLASSES DE USO
Vegetações nativas
Culturas florestais
Cana-de-açúcar
Pastagem / Gramíneas
Solo exposto
Culturas anuais
Culturas perenes
Corpos d'água
Áreas urbanas

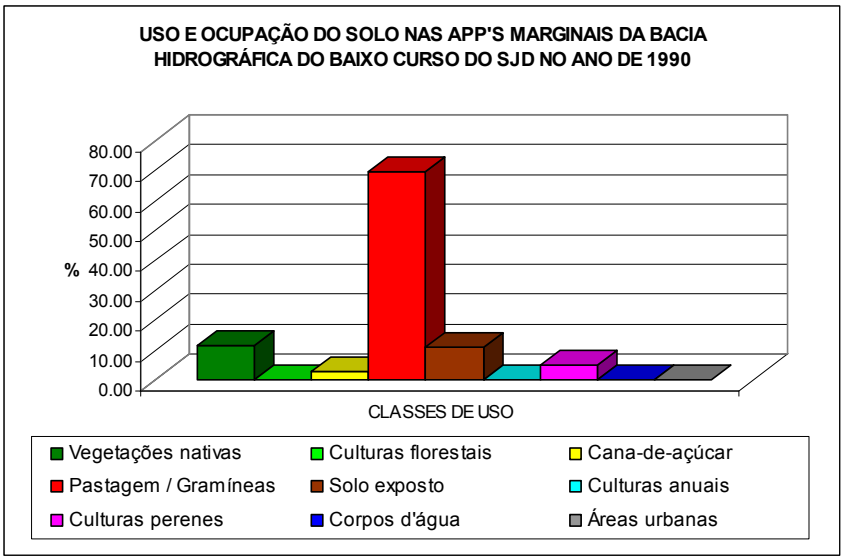

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS APP'S MARGINAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO MÉDIO CURSO DO SJD NO ANO DE 2000
80.00
70.00
60.00
50.00
% 40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
CLASSES DE USO
Vegetações nativas
Culturas florestais
Cana-de-açúcar
Pastagem / Gramíneas
Solo exposto
Culturas anuais
Culturas perenes
Corpos d'água
Áreas urbanas

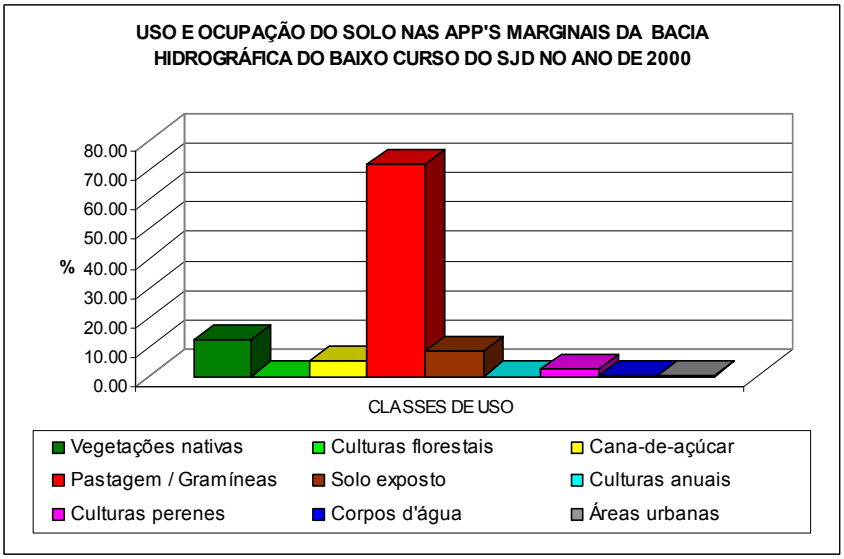

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS APP'S MARGINAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO MÉDIO CURSO DO SJD NO ANO DE 2010
80.00
70.00
60.00
50.00
% 40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
CLASSES DE USO
Vegetações nativas
Culturas florestais
Cana-de-açúcar
Pastagem / Gramíneas
Solo exposto
Culturas anuais
Culturas perenes
Corpos d'água
Áreas urbanas

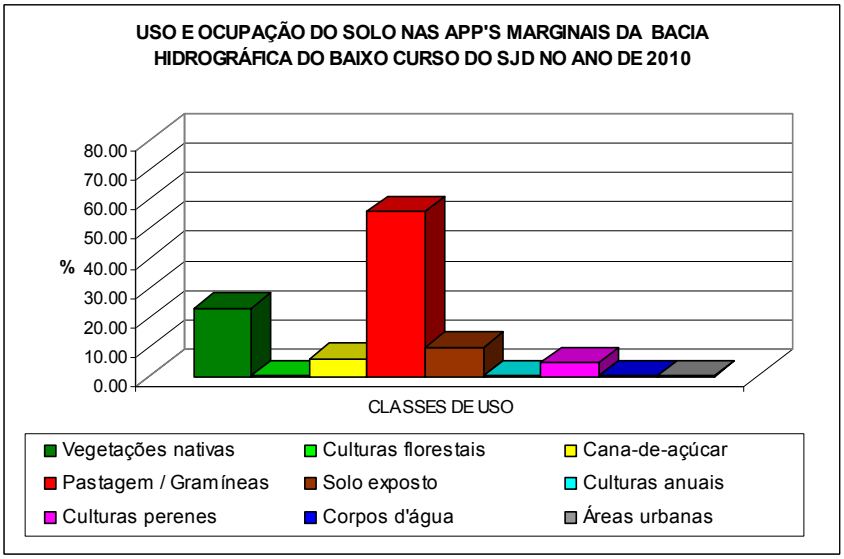

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO BAIXO CURSO DO SJD NO ANO DE 1990
80.00
70.00
60.00
50.00
% 40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
CLASSES DE USO
Vegetações nativas
Culturas florestais
Cana-de-açúcar
Pastagem / Gramíneas
Solo exposto
Culturas anuais
Culturas perenes
Corpos d'água
Áreas urbanas


USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO BAIXO CURSO DO SJD NO ANO DE 2000
80.00
70.00
60.00
50.00
% 40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
CLASSES DE USO
Vegetações nativas
Culturas florestais
Cana-de-açúcar
Pastagem / Gramíneas
Solo exposto
Culturas anuais
Culturas perenes
Corpos d'água
Áreas urbanas


USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO BAIXO CURSO DO SJD NO ANO DE 2010
80.00
70.00
60.00
50.00
% 40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
CLASSES DE USO
Vegetações nativas
Culturas florestais
Cana-de-açúcar
Pastagem / Gramíneas
Solo exposto
Culturas anuais
Culturas perenes
Corpos d'água
Áreas urbanas


USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS APP'S MARGINAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO BAIXO CURSO DO SJD NO ANO DE 1990
80.00
70.00
60.00
50.00
% 40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
CLASSES DE USO
Vegetações nativas
Culturas florestais
Cana-de-açúcar
Pastagem / Gramíneas
Solo exposto
Culturas anuais
Culturas perenes
Corpos d'água
Áreas urbanas


USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS APP'S MARGINAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO BAIXO CURSO DO SJD NO ANO DE 2000
80.00
70.00
60.00
50.00
% 40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
CLASSES DE USO
Vegetações nativas
Culturas florestais
Cana-de-açúcar
Pastagem / Gramíneas
Solo exposto
Culturas anuais
Culturas perenes
Corpos d'água
Áreas urbanas


USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS APP'S MARGINAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO BAIXO CURSO DO SJD NO ANO DE 2010
80.00
70.00
60.00
50.00
% 40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
CLASSES DE USO
Vegetações nativas
Culturas florestais
Cana-de-açúcar
Pastagem / Gramíneas
Solo exposto
Culturas anuais
Culturas perenes
Corpos d'água
Áreas urbanas